



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

MESTRADO EM EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA ALIMENTAR

Estudo das propriedades do pão sem glúten:
efeito da adição de diferentes farinhas e hidrocoloides



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Paula Cristina da Silva Freitas

Estudo das propriedades do pão sem glúten: efeito da adição
de diferentes farinhas e hidrocoloides

Nome do Curso de Mestrado
Empreendedorismo e inovação na indústria alimentar

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professora Doutora Rita Pinheiro

Maio 2012

Aos meus pais, ao meu filho e ao Georges...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar o meu mais sincero agradecimento a todos aqueles que sempre me apoiaram na realização deste trabalho e tornaram possível a sua concretização:

- À **Doutora Rita Pinheiro** por me ter permitido trabalhar numa área que tanto me interessa, por me ter proporcionado um trabalho tão aliciante, e pelo apoio. Agradeço também a sua disponibilidade, compreensão, ajuda, e o espírito crítico com que analisou o meu trabalho e por todos os conhecimentos que me transmitiu enquanto professora.
- Ao **Professor Doutor Rui Alves** pelo interesse demonstrado no tema deste trabalho.
- À Técnica de laboratório, **D. Isabel Alves**, pelo empenho e disponibilidade durante a realização do trabalho experimental.
- Ao **grupo de engenharia alimentar** que acreditou no meu projecto.
- À **Engenheira Ana Leitão**, pela disponibilidade em ajudar e facultar receita do pão sem glúten fabricado na sua loja/espço (coisaskomsentidos).
- Ao meu **filhote Tomás**, que mesmo tão pequeninho me deu força para ir em frente.
- Ao **Georges**, por tudo! Por existires, por seres o meu melhor amigo, o meu marido, o meu companheiro. Por seres tão paciente, tão carinhoso, pelo apoio que sempre me dás...
- A **toda a minha família** por todo o apoio, carinho e força que sempre me deram.
- Aos **meus queridos pais**, sendo impossível passar para palavras aquilo que verdadeiramente merecem. Por todo o incentivo, apoio, dedicação sem os quais não teria chegado tão longe. Por todo o “mimo”, carinho, amor que sempre me deram, por tudo o que me ensinaram, pelas pessoas maravilhosas que são...Por tudo! São tudo na minha vida, ADORO-VOS!!

Paula Cristina Silva Freitas

A elaboração da dissertação conduziu à realização dos seguintes trabalhos:

Comunicação em painel:

- Pinheiro, R., Fonseca M., Freitas P. (2012) Effect of Portuguese bean and chickpea pulses on gluten-free bread properties. International Congress on Promotion of Traditional Products. 3-5 Maio, Ponte de Lima, Portugal.
- Pinheiro R., Fonseca, M, Freitas, P. (2012) Enriquecimento de pão sem glúten com farinhas de leguminosas. 11º Encontro de Química dos Alimentos. 16-19 Setembro, Bragança, Portugal.

Apresentação oral:

- Pinheiro R., Fonseca, M, Freitas, P. (2012) Effect of bean and chickpea pulses on crust and crumb gluten-free bread properties with different hydrocolloids. 1st North European Congress on Food 22-24 Abril, St. Petersburg, Russia.

SUMÁRIO

A doença celíaca é uma doença auto-imune desencadeada pela ingestão de cereais que contêm glúten, como a farinha de trigo. O tratamento é fundamentalmente dietético e consiste na total exclusão do glúten da dieta alimentar, ficando o portador da síndrome, que se manifesta principalmente em crianças, impedido de consumir diversos produtos alimentares, como por exemplo o pão. O pão é um alimento altamente consumido e com excelentes propriedades funcionais. A substituição do glúten, presente na farinha de trigo e por conseguinte no pão, por outros componentes, como hidrocoloides, tem sido um grande desafio para a indústria alimentar, uma vez que o glúten é a fracção proteica responsável pelas propriedades viscoelásticas do pão. Actualmente, o pão sem glúten disponível no mercado é de baixa qualidade organoléptica (textura e sensorial) e nutricional.

Com este trabalho pretendeu-se desenvolver um pão sem glúten com maior qualidade nutricional e de textura. Para tal, realizaram-se vários ensaios, nos quais se estudou o efeito do tipo de farinha e de hidrocoloide na produção do pão sem glúten. Desta forma, à mesma mistura de base, constituída por farinha de arroz, amido de milho, albumina, cloreto de sódio, sacarose, água e levedura, adicionou-se farinha de feijão, de grão-de-bico ou de castanha, e também diferentes hidrocoloides, goma xantana, guar, alfarroba e pectina. De forma a avaliar as várias formulações desenvolvidas nas suas características físico-químicas e de textura realizaram-se análises ao pH, humidade, actividade da água, cor e textura (dureza, firmeza e adesividade) do miolo e da crosta do pão.

Com os resultados obtidos concluiu-se que a adição de pectina teve um efeito benéfico sobre as características de textura do pão sem glúten podendo ser utilizada de maneira satisfatória na sua elaboração. E, apesar de ter-se verificado um aumento da dureza do pão com a adição das farinhas de grão-de-bico, feijão e castanha, a adição de uma pequena percentagem destas farinhas, ricas em fibras, continua a ser uma vantagem pois pode enriquecer o valor nutricional do pão sem glúten. Concluiu-se que é ezequível e viável a elaboração de pão sem glúten com acréscimo de um hidrocoloide (neste caso a pectina) e substituir a farinha de trigo pela farinha de arroz.

ABSTRACT

Celiac disease is an autoimmune disease triggered by ingestion of cereals containing gluten, such as wheat flour. Treatment is primarily dietary and consists in the complete exclusion of gluten from the diet, being the bearer of the syndrome, which manifests especially in children, unable to eat various foodstuffs, such as bread. Bread is a highly consumed food and with excellent functional properties. The replacement of gluten present in bread, with other components such as hydrocolloids has been a major challenge for the food industry, since the gluten protein fraction is responsible for the viscoelastic properties of bread. Currently, the gluten-free bread available on the market has poor sensory properties (texture and sensory) and poor nutritive values.

This work aims to develop a gluten-free bread with texture quality properties and higher nutritional values. Several experiments were conducted in which the effect of different gluten-free flours and different hydrocolloids were tested in the production of bread. To, the same basic mixture consisting of rice flour, corn starch, albumin, sodium chloride, sucrose, water and fresh yeast, was added bean flour, chickpea, flour or chestnut flour, and also different hydrocolloids like, xanthan gum, guar gum, locust bean, and pectin were added to the dough. In order to evaluate these different formulations in their physic-chemical and textural properties analysis to pH, moisture content, water activity, color and texture (hardness, strength and adhesiveness) of the crumb and crust of the bread were performed.

It was concluded that the addition of pectin has a beneficial effect on the texture characteristics of gluten-free bread. In spite of bread hardness increased with the addition of bean, chickpea and chestnut flours, the inclusion of a small percentage may improve nutritional value of bread. It was concluded that it is possible to obtain a gluten-free bread with the addition of a hydrocolloid (like pectin), with excellent texture properties.

ÍNDICE

Agradecimentos	I
.....	II
Sumário	III
Abstract	IV
Índice.....	V
Índice Tabelas	IX
Índice Figuras.....	XI
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. Enquadramento	4
1.2. Objectivos	5
 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	 7
2.1. O pão	9
2.1.1. Tipos de pão.....	10
2.1.2. Constituintes do pão.....	10
2.1.3. Valor nutricional do pão	12
2.2. Doença celíaca	13
2.3. Glúten.....	15
2.4. Farinhas sem glúten	15
2.4.1. Farinha de arroz	16
2.4.2. Farinha de Castanha.....	17
2.4.3. Farinha de grão-de-bico	18
2.4.4. Farinha de feijão branco	19
2.4.5. Amido	20
2.4.5.1. Gelatinização do amido.....	22
2.4.5.2 Retrogradação do amido.....	22
2.5. Aditivos.....	23
2.5.1. Hidrocolóides.....	24
2.5.1.1. Goma guar	25
2.5.1.2. Goma xantana.....	26
2.5.1.3 Pectina.....	27
2.5.1.4. Goma de Alfarroba.....	28
2.6. Formulações sem glúten	29
 3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	 35

3.1.	Matéria-prima	37
3.1.1.	Obtenção das farinhas de feijão e de grão-de-bico: moagem	38
3.2.	Equipamentos	38
3.3.	Processo produtivo do pão	39
3.4.	Ensaio preliminares	41
3.5.	Ensaio experimentais	44
3.6.	Métodos analíticos.....	45
3.6.1.	Determinação do pH.....	45
3.6.1.1.	Preparação do pão para determinação do pH	45
3.6.1.2.	Determinação do pH.....	45
3.6.2.	Determinação do teor de humidade	45
3.6.2.1.	Preparação do pão para a determinação do teor de humidade	45
3.6.2.2.	Determinação do teor de humidade	45
3.6.3.	Determinação da cor da crosta e do miolo do pão	46
3.6.3.1.	Descrição do método	46
3.6.3.2.	Preparação das massas do pão para determinação da cor	48
3.6.3.3.	Determinação da cor com colorimetro minolta	48
3.6.3.4.	Conversão dos parametros a^* e b^*	49
3.6.4.	Determinação da textura	49
3.6.4.1.	Descrição do método	49
3.6.4.2.	Preparação do pão para a determinação da textura.....	50
3.6.4.3.	Teste uniaxial de penetração	50
3.6.4.4.	Resistencia à compressão do miolo	50
3.6.4.5.	Análise dos graficos obtidos.....	50
3.6.4.6.	Determinação da dureza da crosta e firmeza do miolo	51
3.6.4.7.	Determinação da adesividade	51
3.6.5.	Actividade da água.....	52
3.6.5.1.	Descrição do método	52
3.6.5.2.	Preparação do pão para determinação da a_w	52
3.6.5.3.	Determinação da a_w	52
3.7.	Análise estatística	53
4.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	55
4.1.	O pH do pão.....	57
4.2.	O teor de humidade do pão	58
4.3.	Actividade da água.....	60
4.4.	Cor do pão.....	60
4.4.1.	Cor da crosta.....	61
4.4.2.	Cor do miolo.....	62
4.5.	A textura do pão.....	65
4.5.1.	Resistencia à compressão da crosta	65

4.5.1.1. Dureza	65
4.5.1.2. Adesividade da crosta.....	66
4.5.2. Resistencia à compressão do miolo	67
4.5.2.1. Firmeza do miolo	67
4.5.2.2. Adesividade do miolo.....	68
4.6. Estrutura do miolo	69
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO.....	71
6. BIBLIOGRAFIA.....	75
APÊNDICES	91
Apendice IA – Observações experimentais da determinação do pH	93
Apêndice IB – Observações experimentais para a determinação da humidade	94
Apendice IC – Observações experimentais para a determinação da cor do miolo e da crosta do pão ..	95
Apendice ID – Observações experimentais da determinação da textura	97
Apendice IE – Observações experimentais da determinação da aw	99

ÍNDICE DE FIGURAS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1 - Estrutura da rede de glúten	15
Figura 2 – Estrutura da amilose.....	21
Figura 3 – Estrutura da amilopectina	21

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 4 – Fluxograma do processo de moagem das farinhas.....	38
Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo do pão sem glúten	40
Figura 6 – Representação do sólido da cor do espaço $L^*a^*b^*$	47
Figura 7 – Círculo das cores (superior) mudança da luminosidade e saturação das cores (inferior)	48
Figura 8 – Texturômetro TA-XT 2i utilizado na análise da textura do pão	50
Figura 9 – Gráfico característico de um ensaio de penetração da crosta do pão. Exemplo correspondente ao ensaio com farinha de arroz e goma de alfarroba.....	51
Figura 10 – Gráfico característico de um ensaio de resistência à compressão do miolo do pão. Exemplo correspondente ao ensaio com farinha de arroz e goma de alfarroba.....	51

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Figura 11 – Valores de pH para os diferentes ensaios realizados com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha, com diferentes hidroloides, goma xantana, guar, alfarroba e pectina	58
Figura 12 – Teor de humidade do pão nos ensaios realizados com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha, e os hidroloides, goma xantana, guar, alfarroba e pectina.....	59
Figura 13 – Resultados do parâmetro cromático L^* da cor da crosta do pão referente aos ensaios realizados. 61	
Figura 14 – Resultados do parâmetro cromático Croma C^* da cor da crosta do pão nos ensaios realizados. ..	62
Figura 15 – Parâmetro cromático L^* da cor do miolo do pão para os ensaios realizados.....	63
Figura 16 – Resultados do parâmetro cromático Croma C^* da cor do miolo do pão nos ensaios realizados. ..	64
Figura 17 – Resultados do parâmetro cromático L^*/b^* da cor do miolo do pão nos ensaios realizados.	64
Figura 18 – Dureza das amostras da crosta dos vários ensaios da crosta realizados.....	65
Figura 19 – Adesividade das amostras da crosta dos ensaios realizados.	67

Figura 20 – Firmeza das amostras do miolo dos vários ensaios realizados.....	67
Figura 21 – Adesividade do pão das amostras do miolo dos vários ensaios realizados.....	69
Figura 22 – Amostra de pão fatiado para os ensaios realizados com diferentes gomas e diferentes farinhas...	70

ÍNDICE DE TABELAS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1 – Diferentes tipos de pão e sua caracterização	10
Tabela 2 – Valor nutricional do pão de trigo.....	13
Tabela 3 – Informação nutricional do arroz carolino	16
Tabela 4 – Informação nutricional do miolo da castanha.....	18
Tabela 5 – Informação nutricional do grão-de-bico cru	19
Tabela 6 – Informação nutricional do feijão branco cru	20
Tabela 7 – Informação nutricional do amido.....	22
Tabela 8 – Trabalhos realizados com produtos de panificação com a goma xantana e guar	31

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Tabela 9 - Descrição da matéria-prima utilizada.....	37
Tabela 10 - Equipamentos utilizados no trabalho	39
Tabela 11 – Constituintes utilizados na formulação base do pão sem glúten.....	41
Tabela 12 – Formulações do pão produzido nos ensaios preliminares	42
Tabela 13 – Conclusões da avaliação visual do pão obtido nos ensaios preliminares	43
Tabela 14 – Formulação final para a elaboração do pão sem glúten.....	43
Tabela 15 – Ensaios realizados, respectiva codificação e constituição em termos de farinha e de hidrocoloides.....	44
Tabela 16 – Actividade da água (a_w) dos vários ensaios realizados.....	60

1. Introdução

A doença celíaca (DC) é uma doença auto-imune desencadeada pela ingestão de cereais que contêm glúten por indivíduos geneticamente predispostos. Além do consumo do glúten e da susceptibilidade genética, é necessária a presença de factores imunológicos para que a DC se expresse no indivíduo (Sverker et al., 2005). É um problema mundial de saúde pública devido à sua prevalência, à frequente associação com morbilidade variável e não específica, e à probabilidade de aparecimento de complicações graves decorrentes da má absorção de nutrientes, principalmente osteoporose e doenças malignas do trato gastroentérico (Pratesi e Gandolfi, 2005). Os pacientes celíacos desenvolvem alterações nas características normais do intestino delgado (Casellas *et al.*, 2008), tais como atrofia das vilosidades e consequente diminuição da área de absorção de nutrientes. Vários factores epidemiológicos, como o aumento de casos diagnosticados (Fasano e Catassi, 2004), mudanças na apresentação da doença com o aparecimento de formas atípicas, assim como o facto de acometer pessoas de qualquer idade, contribuem para que a DC seja considerada um problema relevante em termos de saúde (Casellas *et al.*, 2008).

Há poucas décadas acreditava-se que a DC era típica da população europeia. Hoje, porém, sabe-se que a doença é comum em todas as regiões em que o trigo é um importante factor da dieta (Fasano e Catassi, 2004).

Segundo a Associação Portuguesa de Celíacos, estima-se que, na Europa, 1 em cada 300 pessoas seja celíaca. Segundo Schober *et al.* (2008), no seu estudo baseado em dados serológicos, estima-se que a nível mundial a prevalência da doença celíaca seja de 1 para 266.

Actualmente, o tratamento da DC é fundamentalmente dietético e deve ser seguido durante toda a vida. Consiste na exclusão do glúten, termo utilizado para descrever algumas das fracções proteicas encontradas no trigo, no centeio, na cevada, na aveia e nos seus derivados. Para garantir uma dieta isenta de glúten, o celíaco deve sempre conhecer os ingredientes que compõem as preparações alimentares e fazer leitura minuciosa dos ingredientes apresentados nos rótulos dos produtos industrializados.

Os celíacos relatam que a oferta de alimentos sensorialmente apropriados é restrita, o que torna monótona a sua dieta. Apontam que os produtos disponíveis no mercado são normalmente de alto custo. Além disso, situações como viajar, comer fora de casa e não acreditar na segurança dos alimentos são frequentemente referidas.

A obediência a esta dieta não é de fácil cumprimento, requer mudanças definitivas quanto ao número e ao tipo de alimentos normalmente consumidos, influenciando as perspectivas práticas alimentares. O trigo, em particular, está presente num extenso número de alimentos na dieta ocidental. As farinhas obtidas pela moagem dos grãos contêm proteínas formadoras de glúten e são utilizadas, não apenas como ingrediente básico em preparações, mas também podem ser adicionadas durante o processamento/transformação e/ou na preparação de alimentos (Beyer, 2002).

O pão é um alimento mundialmente consumido, com elevado valor energético e constituintes nutricionais, em quantidades significativas na nutrição de um indivíduo, atendendo as suas necessidades calóricas diárias. Em Portugal, o pão foi introduzido como prioridade nas refeições, atribuído aos costumes da população de rendimentos mais baixos. O pão, que na sua maioria, é constituído essencialmente por farinha de trigo, contém glúten.

A substituição do glúten da farinha de trigo por outro ingrediente é uma tarefa extremamente desafiante, pois este representa a rede proteica que retém o dióxido de carbono, produzido no processo de fermentação e, consequentemente pela expansão da massa, e pelas suas propriedades viscoelásticas.

As farinhas mais utilizadas para substituir a farinha de trigo são a de arroz, feijão, grão-de-bico, castanha e quinoa. Estas substituições têm-se mostrado positivas em relação a produtos em que não é necessário o crescimento da massa, tais como biscoitos, sendo bem aceites, tanto entre consumidores celíacos como não-celiacos (Ferreira *et al.*, 2009).

1.2 ENQUADRAMENTO

O único tratamento, até à data, disponível para a doença celíaca é a adopção de uma dieta livre de glúten. Logo, pessoas com a doença celíaca devem evitar o consumo de alimentos que contêm glúten. No entanto, segundo Kupper (2005), esta pode revelar-se uma tarefa árdua para os doentes celíacos, pois a maioria dos alimentos à base de cereais disponíveis no mercado (como esparguete, empadas, rissóis, lanches e cereais de pequeno-almoço, etc.) são preparados com grãos de cereais que contêm glúten, como é o caso do trigo.

Segundo Gallagher *et al.*, (2004), apesar dos recentes avanços no desenvolvimento de formulações de produtos sem glúten de elevada qualidade, a substituição do glúten em produtos à base de cereais, como o pão, bolos e massas alimentícias, ainda representa um desafio tecnológico significativo.

A necessidade de melhorar a qualidade nutricional dos produtos sem glúten, tem sido levantada por muitos peritos médicos e nutricionistas (Kupper, 2005; Thompson *et al.*, 2005). No entanto, poucos estudos têm sido dedicados a melhorar a sua qualidade nutricional, deste tipo de produtos e como não são enriquecidos ou fortificados não contém os mesmos níveis de vitaminas B, ferro e fibra como os seus homólogos que contém glúten.

Actualmente, o pão sem glúten disponível no mercado, é de baixa qualidade, apresentando um miolo que esfarela e é seco, resultando em *mouthfeel* pobre e um sabor desagradável (Gallagher *et al.*, 2002). Para obter produtos sem glúten recorre-se a substâncias poliméricas que imitam as propriedades viscoelásticas do glúten, como é o caso dos hidrocoloides (goma xantana, guar, alfarroba, pectina e carboximetilcelulose) (Peressini *et al.*, 2010).

1.3 OBJECTIVOS

Visando desenvolver um produto com maior valor nutritivo, uma opção sustentável e de baixo custo, dirigida a pessoas com doença celiaca, o presente trabalho tem como objectivo estudar a substituição da farinha de trigo, e consequentemente do glúten, pela utilização de outras farinhas alternativas, como a farinha de arroz, de feijão, de grão-de-bico e de castanha. Em simultâneo pretende-se também averiguar o efeito da adição de diferentes hidrocoloides, goma xantana, guar, pectina e alfarroba, na produção do pão sem glúten. De forma a avaliar as várias formulações desenvolvidas nas suas características físico-químicas e de textura realizaram-se análises ao: pH, teor de humidade, actividade da água, cor e textura (dureza, firmeza e adesividade) do miolo e da crosta do pão.

1. Revisão bibliográfica

2.1. O PÃO

Por definição, pão é o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, tricale ou milho, estremos ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente fixadas (Portaria n.º 425/98 de 25 de Julho).

A origem da panificação data de milhares de anos antes de Cristo. Muitos dizem que foram os Egípcios, os primeiros a confeccionar pão com textura fina. E também, descobriram que adicionando fermento à massa tornava o pão mais leve e macio (Moura, 2002). Já os judeus não usavam o fermento, pois acreditavam que a fermentação era uma forma de decomposição e de impureza. Ainda nos dias de hoje, e segundo a tradição, na “Páscoa” dos judeus, só é consumido o pão ázimo (sem fermento) conhecido como “matza”.

A farinha de trigo é a mais indicada para o fabrico do pão, pois o mesmo depende das proteínas contidas nesta farinha (Edwards, 2007). A produção mundial de trigo representa cerca de 33% dos cereais colhidos anualmente. É uma planta herbácea pertencente à família das Gramíneas, cientificamente conhecida por *Triticum vulgare* e com muitas variedades (Griswold, 1972; Moretto e Fett, 1999).

Pode-se definir a qualidade de uma farinha, como a capacidade de originar um produto com excelentes características sensoriais, como o sabor e o odor, com alto valor nutritivo e baixo custo (Quagli, 1991).

O pão é considerado um produto tradicional que pode ser consumido a qualquer refeição, como acompanhamento ou como lanche. É um produto bastante apreciado devido à sua aparência, aroma, sabor, preço e disponibilidade. Depois de produzidos, porém, sofrem alterações que levam à perda de crocância e ao endurecimento do mesmo (Marques *et al.*, 2008).

2.1.1. Tipos de pão

Segundo o DR nº 170 de 1998, existem vários tipos de pão que podem ser fabricados e comercializados (Tabela 1).

Tabela 1 – Diferentes tipos de pão e sua caracterização (Fonte: DR nº 170 de 1998).

Tipo de pão	Caracterização
Pão de trigo	O pão fabricado com farinha de trigo tipo 45, 55, 65,80 ou 110, água potável, sal e fermento ou levedura, podendo também ser utilizados farinha de glúten, extrato de amido, açúcares e os aditivos referidos nos nº 6º e 7º do DR nº 170 de 1998.
Pão integral de trigo	O pão de trigo fabricado com farinha de trigo do tipo 150.
Pão de centeio	O pão fabricado com farinha de centeio dos tipos 70, 85 ou 130, ou em mistura com farinha de trigo dos tipos 65, 80, 110 ou 150, desde que a farinha de centeio seja utilizada numa incorporação superior a 50 %, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo também ser utilizados extrato de malte, farinha de malta, açúcares e os aditivos referidos nos nº 6º e 7º do do DR nº 170 de 1998.
Pão integral de Centeio	O pão de centeio fabricado com farinha de centeio do tipo 170.
Pão de tritcale	O pão fabricado com farinha tritcale, de acordo com o estabelecido para o pão de centeio.
Pão de mistura	O pão fabricado com mistura de farinhas de trigo dos tipos 65, 80, 110 ou 150, de centeio dos tipos 70, 85, 130 ou 170 e de milho dos tipos 70, 100 ou 175, ou apenas com farinhas de dois destes cereais, com uma incorporação mínima de 10 % de farinha de cada cereal, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo ser também utilizados farinha de glúten, extrato de malte, farinha de malte, açúcares e os aditivos referidos nos nº 6º e 7º do DR nº 170 de 1998.
Pão de milho ou broa de milho	O pão de mistura em cujo fabrico seja utilizados predominantemente qualquer dos tipos de farinha de milho.
Pão especial	O pão fabricado com qualquer tipo de farinha definidos na Portaria nº 1023/ 94, de 22 de Novembro, estremo ou em mistura, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo também ser utilizados farinha de glúten, extrato de malte, farinha de malte, açúcares e aditivos nas condições legalmente estabelecidas e os ingredientes referidos no nº 7 do DR nº 170 de 1998 e que obedeça aos requisitos a estabelecer nos termos do nº 5.

2.1.2. Constituintes do pão

No processo produtivo do pão utilizam-se diversas matérias-primas, cada uma com uma função específica:

- A **farinha de trigo** é o componente estrutural da massa, e constitui o ingrediente fundamental para obtenção do pão. A farinha de trigo possui proteínas, a gliadina e a

glutenina, com características funcionais únicas, capazes de formar uma rede, o glúten. Estas proteínas, ao combinarem-se com a água, são hidratadas, gerando pontos de ligação entre elas e, mediante a mistura, formam a estrutura elástica da rede de glúten (El-Dash e Germani, 1994), com propriedades viscoelásticas, e que retém o gás formado durante a fermentação. A farinha de trigo é o componente básico na formulação do pão, tendo a função de fornecer as proteínas formadoras de glúten.

- A **água** é também um ingrediente imprescindível na formação da massa, actua como solvente e plastificante, permitindo que, durante o processo de cozedura do pão, ocorra o fenómeno de gelatinização do amido. É utilizada para dissolver os ingredientes solúveis. A quantidade de água a adicionar à massa é fundamental para que o grânulo do amido cresça. A sua quantidade depende dos ingredientes da formulação e do processo de panificação utilizados, constituindo o meio dispersante para os restantes constituintes, além de favorecer o crescimento do pão durante a cozedura. A adição de quantidades crescentes de água à massa torna-a mais macia e viscosa, enquanto que a sua inexistência torna-a dura e sem aderência (Loures, 1989).

- O **sal** é indispensável em qualquer formulação de pão. O sal exerce basicamente duas funções principais: a primeira é contribuir para o aroma e sabor do pão; a segunda está relacionada com as propriedades reológicas da massa, pois o sal faz com que a massa fique mais “forte”, isto é, aumenta a resistência à extensão do glúten. Aumenta a temperatura da mistura, influenciando o processo de cozedura, além de interagir com os grânulos “inchados” de amido. Endurece e estabiliza o amido gelatinizado, proporcionando a melhor granulação do miolo (Pereira, 1998).

A função principal da **levedura** (*Saccharomices cerevisiae*) é fazer a conversão de açúcares fermentáveis presentes na massa em dióxido de carbono (CO₂) e etanol. Além de produzir CO₂, que é o gás responsável pelo crescimento do pão pela estrutura porosa, leveza e volume. A levedura também exerce influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica. O álcool produzido contribui para a expansão da massa, durante a sua cozedura e é responsável por grande parte do aroma do pão (El-Dash e Germani, 1984).

- O **açúcar**, presente na massa é proveniente de uma ou mais fontes: açúcar resultante da degradação do amido, pelas enzimas amilases e, açúcar adicionado na formulação como sacarose, açúcar invertido e mel (El-Dash e Germani, 1984).

A principal função do açúcar ocorre no processo de fermentação, na qual se forma dióxido de carbono e etanol. Uma outra função do açúcar é proporcionar a cor dourada característica da crosta do pão, bem como, distribuir o aroma e sabor ao produto final (El-Dash e Germani, 1994). Portanto, o açúcar contribui para dar sabor doce ao pão e volume, aumenta a suavidade, desenvolve uma cor agradável na crosta, age como veículo para outros aromas, ajuda na retenção de humidade e proporciona o fabrico de um pão agradável (Quaglia, 1991; Moretto e Fett, 1999). Durante a cozedura do pão ocorrem várias alterações e reacções, entre as quais a evaporação de quase todo o álcool, a morte das leveduras e a formação da côdea, devido aos compostos resultantes da reacção de caramelização (entre açúcares) e as de Maillard (entre açúcares e aminoácidos), favorecendo o seu escurecimento.

- Os **aditivos** actuam, de uma maneira geral, corrigindo ou neutralizando deficiências da farinha de trigo, o que facilita a padronização da qualidade dos produtos finais; também podem alterar o comportamento reológico das massas, melhorando as suas características de extensibilidade e elasticidade; outra função dos aditivos é o prolongamento do tempo de vida, o que reduz as perdas do fabricante por retorno de produto.

- O **ovo** tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo também como agente corante e de *flavor* originando pão com melhor estrutura, textura mais leve e areada, maior volume, cor amarela natural, além de possuir grande quantidade de proteínas, vitaminas (A, D, E) e de minerais (Leme, 2000; Zelaya, 2000). Pereira (1998) complementou que dependendo da utilização da clara ou da gema, o ovo apresenta diversas funções. Pode actuar como emulsificante, pela ação da lecitina da gema; como amaciante, pela acção dos lipídios da gema; como aerador, pela formação de espuma da albumina da clara e como agente ligante, pela utilização de ambas.

2.1.3. Valor nutricional do pão

Na Tabela 2 encontra-se o valor nutricional do pão de trigo branco (típico), tendo em conta os seus principais constituintes.

Tabela 2 - Valor nutricional do pão de trigo (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012).

Componentes	Por 100 g*
Água, g	26,2
Proteína, g	8,4
Gordura total, g	2,2
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	57,3
Total de Hidratos de Carbono expressa em monossacáridos, g	62,8
Amido, g	55,2
Fibra alimentar, g	3,8

2.2. DOENÇA CELIACA

A doença celíaca (DC) é caracterizada pela incapacidade do indivíduo digerir o glúten. O agente causador é a parte proteica do glúten, que desencadeia uma série de reacções que resultam na destruição das vilosidades intestinais, causando diversos distúrbios no intestino.

A DC afecta principalmente indivíduos de descendência europeia. A prevalência no Reino Unido e Europa continental é de 1:100, enquanto que na América do Norte é de 1:300. Vários autores sugerem que a doença afecta duas vezes mais mulheres que homens, outros mantêm uma distribuição igual entre os sexos. A provável prevalência entre parentes de primeiro grau é 10-15%. Trata-se uma doença com maior incidência em indivíduos portadores de outras doenças autoimunes, como *Diabetes Mellitus* tipo 1 e também tireoidopatias (Ciclitira, 2001).

Algumas características da doença são: diarreia (mais comum), desnutrição, perda de peso, distensão abdominal, edema, anemia, apatia/irritabilidade, hipotrofia muscular, hipotonia, náuseas/vômitos, dor e/ou desconforto abdominal, constipação, baixa estatura, osteopenia/osteoporose, artrite, miopatia, defeito do esmalte dentário, dermatite herpetiforme, anemia inexplicada (deficiência de ferro, folato, vitamina B12), leucopenia, trombocitopenia, deficiência de vitamina K, infertilidade, aborto recorrente, puberdade atrasada, irregularidade menstrual, epilepsia com calcificação cerebral, neuropatia periférica, demência, deficiência de cálcio e vitamina D, elevação de enzimas hepáticas, fadiga e depressão (Ciclitira, 2001).

O que pode prevenir as complicações causadas pela doença é uma dieta rígida 100% livre de glúten por toda vida (Benahmed *et al.*, 2003; Coultate, 2004; Gallagher *et al.*,

2003). A fim de possibilitar isto, as indústrias responsáveis pelo fabrico de produtos sem glúten devem ter um controlo rigoroso do processamento para evitar a contaminação cruzada com produtos que contenham trigo, tanto na selecção da matéria-prima, como na higienização dos equipamentos. As autoridades públicas devem estabelecer leis para assegurar a saúde dos pacientes celíacos, e a comunidade científica promover a padronização e validação de metodologias para a detecção do glúten (Possik *et al.*, 2005).

Outra dificuldade significativa para os celíacos é a questão da nutrição. A preocupação em não ingerir glúten é tão grande que o enfoque no desenvolvimento de produtos para este grupo específico fica somente em substitutos das farinhas, sais minerais (principalmente cálcio e ferro) e vitaminas (Thompson *et al.*, 2005). O resultado disso são indivíduos acima do peso, porém desnutridos (Hopman *et al.*, 2006).

Quando se combina deficiência nutricional com crianças, a questão da importância da oferta de produtos saudáveis toma proporções maiores. Uma criança desnutrida dificilmente terá o mesmo desenvolvimento do que uma criança com alimentação variada, sejam elas celíacas ou não. Os efeitos de uma dieta sem glúten em crianças e adolescentes celíacos são: baixo peso e altura, menor massa corporal, menor quantidade de gordura corporal e menor conteúdo mineral ósseo (Barera *et al.*, 2000).

Indivíduos com doença celíaca têm muita dificuldade em encontrar produtos de panificação próprios para consumo imediato. Ocorre então a necessidade de preparar artesanalmente estes alimentos utilizando farinhas isentas de glúten, como a farinha de arroz. Acresce a dificuldade em manter a estrutura do produto, já que não existe a rede de glúten, responsável pela retenção dos gases produzidos durante a fermentação da massa e pela sua viscoelasticidade (Ahlborn, 2005).

Porém produtos como pão e bolos, em que a massa tem que reter os gases formados durante a fermentação e posterior cozedura, necessitam da adição de outro componente, para além das farinhas de arroz e de milho, que seja capaz de exercer a função do glúten. Das substâncias que vêm sendo testadas, destacam-se os hidrocoloides ou gomas (Preilhardt *et al.*, 2009).

2.3. GLÚTEN

O glúten é a proteína principal da farinha de trigo, responsável pelas propriedades viscoelásticas necessárias para produzir pão de boa qualidade (Figura 1). O termo glúten é utilizado para designar a fracção proteica constituída pelas classes proteicas glutelina e prolamina após respectiva hidratação. Estas proteínas encontram-se no trigo, na aveia, no centeio, na cevada, no malte, cereais, que entram na composição de alimentos, medicamentos, bebidas industrializadas e cosméticos (Quaglia, 1991). Para assegurar a aceitabilidade do pão sem glúten, este deve ter características de qualidade semelhantes ao pão elaborado com farinha de trigo. O glúten não é eliminado quando os alimentos são processados termicamente, por isso deve ser substituído por outras alternativas como a farinha de arroz, amido de milho, farinha de milho, fubá, farinha de mandioca, polvilho doce, polvilho azedo e fécula de batata (Paulus, 1986).

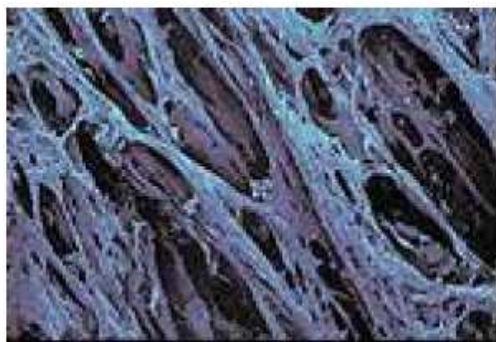


Figura 1 - Estrutura da rede do glúten (Fonte: Baza, 2008).

2.4. Farinhas sem glúten

A substituição do glúten é, hoje em dia, uma das questões mais desafiantes para a ciência e tecnologia alimentar uma vez que a dieta isenta de glúten ao longo da vida é essencial para pacientes que sofrem da doença celíaca. Portanto, é importante desenvolver alimentos alternativos com qualidade e características semelhantes aos produtos que contém glúten. Um dos componentes mais frequentemente utilizado como um substituto dos cereais de trigo em produtos alimentares sem glúten, é o arroz, que tem um nível muito baixo de glúten, baixos níveis de sódio, proteína, fibra, gordura e uma quantidade elevada e hidratos de carbono de fácil digestão (Turabi *et al.* 2006).

Podem ainda utilizar-se amido de milho, farinha de castanha, feijão, grão-de-bico, lentilhas, entre outros. Alguns aditivos alimentares, como amidos, gomas, hidrocolóides

ou produtos lácteos devem ser acrescentados a estes produtos para obter a qualidade final desejada (Turabi Elif *et al.*, 2006).

2.4.1. Farinha de arroz (*Oryza Sativa*, L.).

Os cereais constituem a principal fonte de nutrientes como hidratos de carbono, proteínas, vitaminas e sais minerais na dieta alimentar da população mundial. Entre estes cereais, o arroz (*Oryza sativa* L.) ganha destaque por estar presente na dieta básica de aproximadamente 50% da população mundial. Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), o arroz é responsável por 20% da fonte da energia alimentar da população, enquanto o trigo fornece 19% e o milho 5% (Silva *et al.*, 2004). Apesar de ser considerado um alimento importante na alimentação humana, o arroz ainda é pouco reconhecido pelas suas características nutricionais.

O arroz é nativo da Índia, sudeste da Ásia e China, e pertence à família das gramíneas, sendo um herbáceo anual e semi-aquático, embora possa sobreviver em clima tropical (Dzitezak, 1991). De acordo com Juliano e Hicks (1996), são conhecidas mais de vinte espécies do género *Oryza*, e praticamente todo o arroz cultivado pertence ao *Oryza Sativa*, L.

Na Tabela 3 encontra-se a composição nutricional do arroz carolino cru. O grão de arroz possui um dos teores proteicos mais baixos dos grupo dos cereais (Araújo *et al.*, 2003).

Tabela 3 – Informação nutricional do Arroz carolino (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012)

Componentes	por 100 g*
Água, g	10,7
Proteína, g	7,4
Gordura total, g	0,5
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	79,6
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	87,6
Amido, g	79,6
Fibra alimentar, g	2,2

O arroz é um veículo de substâncias bioactivas, que atribuem a alegação de funcional aos alimentos. O arroz enquadra-se dentro deste conceito especialmente por possuir o

amido resistente, que é capaz de actuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo benefícios como o atraso de doenças crónico-degenerativas e consequentemente promovendo efeitos benéficos à saúde. As propriedades mais importantes com influência no seu valor nutricional incluem a taxa e a extensão da digestão ao longo do intestino e o metabolismo dos monómeros absorvidos (Heisler *et al.*, 2008). O arroz é rico em hidratos de carbono e é um alimento essencialmente energético, mas pode ser também uma importante fonte de proteínas, sais minerais (principalmente fósforo, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B, como a B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e B3 (niacina). Segundo a FAO, o arroz destaca-se pela sua fácil digestibilidade. Por ser um produto de origem vegetal, o arroz é um alimento isento de colesterol e apresenta um teor de gordura baixo.

Entre os amidos comerciais, o amido de arroz tem especial aplicação porque tem um tamanho pequeno de grão e a sua proteína residual não é alergénica. O grânulo do amido do arroz é pequeno varia de 2 a 10 μm , quando comparado com o de milho (15 μm) e de trigo (30 μm).

O arroz é uma óptima opção como substituto do trigo na produção de farinhas utilizadas em produtos de panificação. A farinha de arroz é nutritiva e, por não possuir o glúten, pode ser utilizada por pessoas portadoras da doença celíaca (Galera, *J.*, 2006). Devido às suas propriedades nutritivas, o consumo de farinha de arroz, como substituto de farinha de trigo, está a aumentar (Sciarini *et al.*, 2008; Demirkesen *et al.*, 2010).

A hidratação necessária da farinha de arroz para a obtenção de uma massa consistente, é bastante mais elevada quando comparada com a farinha de trigo (Torbica *et al.*, 2010).

2.4.2 Farinha de castanha (*castanea sativa*)

A castanha é uma semente que surge no interior de um ouriço (o fruto do castanheiro). Mas, embora seja uma semente, como as nozes, tem menor teor de gordura e maior quantidade de amido, o que lhe dá outras possibilidades de utilização na alimentação. A castanha tem o dobro da percentagem de amido, quando comparado com a batata. É também rica em vitaminas C e B6 e uma boa fonte de potássio. Considerada, actualmente, quase como uma “guloseima” de época, as castanhas, constituem um complemento alimentar nutritivo (Tabela 4). Cozidas, assadas ou transformadas em

farinha, as castanhas sempre foram um alimento muito popular, cujo aproveitamento remonta à pré-história (Wikipédia, a enciclopédia livre, Fev., 2012).

Tabela 4- Informação nutricional do miolo da castanha (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012)

Componentes	Por 100 g*
Água, g	48,5
Proteína, g	3,1
Gordura total, g	1,1
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	39,8
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	43,3
Amido, g	30,0
Fibra alimentar, g	6,1

A farinha de castanha contém proteínas de alta qualidade com o essencial em aminoácidos (4-7%), também contém vitamina E, vitaminas do grupo B, potássio, fósforo e magnésio (*Sacchetti et al.*, 2004; *Chenlo et al.*, 2007). Como a maioria dos produtos sem glúten não contém quantidade suficiente de vitamina B, ácido fólico, ferro e fibra alimentar (*Moroni et al.*, 2009), a adição de farinha de castanha a este tipo de produtos pode ser vantajoso, uma vez que melhora o seu valor nutricional. São escassos os estudos realizados com a farinha de castanha. Sabe-se, no entanto, que a farinha de castanha misturada com a farinha de arroz resulta em produtos de boa qualidade. Apesar da farinha de castanha ter boa qualidade nutricional e aroma, pode ter rendimento inferior na qualidade de produtos de panificação, com baixo volume e cor escura, o que pode ser motivo de rejeição por parte do consumidor.

2.4.3. Farinha de grão-de-bico (*Cicer arietinum*)

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L) é a quinta leguminosa mais importante no mundo, depois da soja, amendoim, feijão e ervilha (Bourne, 1978). Actualmente, a nível mundial, 90% da produção ocorre na Índia e Paquistão, mas o grão-de-bico apresenta também uma significativa produção em países como Líbano, Turquia, Síria, Iran, Bangladesh e Nepal, assim como no México Canadá e Austrália. (FAO, 2005).

Devido à elevada quantidade de amido, o grão-de-bico é utilizado pelo organismo como fonte de energia. É pobre em água e gorduras, e está isento de colesterol. Cada 100g de grão contém 13,5 g de fibras (Tabela 5), sendo na sua maioria fibras solúveis, ajudando de uma forma bastante eficaz o nosso organismo a eliminar açúcares, gorduras e colesterol (Instituto Ricardo Jorge, 2012).

Tabela 5 – Informação nutricional do grão-de-bico crú (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012)

Componentes	Por 100 g
Água, g	8,0
Proteína, g	19,0
Gordura total, g	5,0
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	51,4
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	56,3
Amido, g	45,2
Fibra alimentar, g	13,5

Diferencia-se das outras leguminosas pela sua digestibilidade e por apresentar elevada disponibilidade de ferro. As sementes de grão-de-bico apresentam uma considerável quantidade de óleo, cujos valores variam de 3,8 a 10,2%. O seu óleo tem alto teor de ácidos gordos insaturados, particularmente linoléico e oléico (Silva *et al.*, 2004).

Segundo Wood (2009), a farinha de grão-de-bico confere às massas características como: baixo índice glicémico e elevado valor nutricional. Talvez devido a esta característica, o consumo desta farinha tem aumentado nos últimos anos. De facto, trata-se de uma farinha com benefícios para a saúde.

2.4.4. Farinha de Feijão branco (*Phaseolus vulgaris*)

O feijão, pertence à família das leguminosas, é uma planta herbácea, trepadeira ou rasteira, levemente pubescente, cujo ciclo de vida varia de aproximadamente 65 a 120 dias, dependendo da cultivar e das condições da época de cultivo (Prolla, 2006).

É a leguminosa mais importante para a população mundial, principalmente na América latina, Índia e África, nos quais a proteína animal é limitada por razões económicas, religiosas e culturais. É uma leguminosa originária das regiões elevadas da

América Central (México, Guatemala e Costa Rica), apresenta alto teor proteico na sua composição centesimal, é excelente fonte de hidratos de carbono e fibra, além de possuir vitaminas e minerais (Geil e Anderson, 1994; Roston, 1990)

O grão de feijão apresenta alto teor proteico, sendo excelente fonte de hidratos de carbono e fibras, apresentando baixo teor de lipídios e sódio (Tabela 6).

Tabela 6 – Informação nutricional do feijão branco cru (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012)

Componentes	Por 100 g
Água, g	8,0
Proteína, g	21,0
Gordura total, g	1,4
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	43,9
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	48,0
Amido, g	37,5
Fibra alimentar, g	22,9

O feijão, além de aumentar o conteúdo proteico da dieta alimentar, quando constituída predominantemente de leguminosas e cereais, é também uma excelente fonte de proteínas e apresenta todos os aminoácidos essenciais, em especial, lisina, uma vez que os cereais são deficientes neste aminoácido (*Iqbal et al.*, 2003). Portanto, o desenvolvimento de produtos alimentares à base de cereais, com a substituição parcial deste por farinha de feijão, pode proporcionar um enriquecimento nutricional dos alimentos tradicionalmente disponíveis no mercado.

O desenvolvimento de produtos alimentares enriquecidos tem grande importância não só para a indústria alimentar, como também para aumentar a qualidade da dieta alimentar da população, pois pode criar novos produtos ou melhorar os já existentes com composições equilibradas em relação a alguns nutrientes, melhorando, dessa forma, o valor nutritivo de diversos alimentos já disponíveis no mercado (*Frota et al.*, 2008).

2.4.5. Amido

O amido é a principal substância de reserva dos cereais e tubérculos e fornece 70% a 80% das calorias consumidas pelo homem, é altamente abundante na natureza e pode ser facilmente extraído com alta pureza e baixo custo. O amido de tubérculos

possui maior facilidade de extração, enquanto que os amidos de cereais necessitam de mais recursos para extração. O amido, é um polissacarídeo que consiste em resíduos de -D-glicose e como tal, pode ser considerado um homoglicano (ou homopolissacarídeo), apresenta-se na forma de grãos com forma e tamanho dependente da sua fonte botânica e é constituído por dois polímeros de glicose com estruturas diferentes: amilose (Figura 2) e amilopectina (Figura 3). A organização física destas duas macromoléculas na estrutura granular determinam as propriedades do amido. A proporção entre amilose e amilopectina varia de acordo com a fonte botânica, o que confere características específicas à pasta de amido. A amilose é essencialmente linear constituída por polímeros de D-glicose ligados por ligações -1,4 e a amilopectina é altamente ramificada e, além das ligações -1,4, apresenta de 5 a 6% de ligações -1,6 nos pontos de ramificação. A grande maioria dos amidos contém 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina.

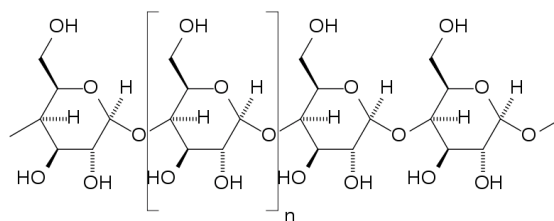


Figura 2 – Estrutura da amilose (Fonte: Wikipédia, 2012).

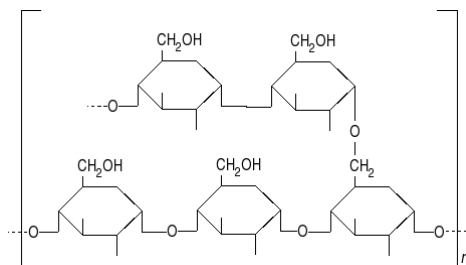


Figura 3 – Estrutura da amilopectina (Fonte: Wikipédia, 2012).

A amilose forma um complexo com o iodo, originando uma coloração azul e é instável em soluções aquosas diluídas. A amilopectina está presente em todos os amidos conhecidos. Na presença do iodo a amilopectina origina uma coloração vermelha e é estável em soluções aquosas diluídas (Cereda, 2002).

Além do valor nutritivo (Tabela 7), o amido tem importância pelo seu efeito sobre os alimentos, como espessante, aumento da consistência, confere estabilidade em condições de arrefecimento e congelação, aumento da adesividade, aumento da transparência, melhoramento da textura de pastas e géis e modifica as características de

cozedura. O grão de amido apresenta diversos tamanhos, formatos e temperatura de gelatinização, variando de acordo com a origem (Cereda, 2002). A principal função do amido de milho em produtos de panificação é absorver água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto (Marques *et al.*, 2008)

Tabela 7 – Informação nutricional do amido (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2012).

Componentes	Por 100 g
Água, g	9,0
Proteína, g	0,4
Gordura total, g	0,2
Total de Hidratos de Carbono disponíveis, g	90,2
Total de Hidratos de Carbono expresso em monossacáridos, g	99,2
Amido, g	90,2
Fibra alimentar, g	0,1

2.4.5.1. Gelatinização do amido

Quando o amido é aquecido, e na presença de água, grandes modificações ocorrem na sua estrutura:

- A energia térmica introduzida no sistema enfraquece as ligações hidrogénio entre as moléculas de amilose e de amilopectina, a estrutura granular “relaxa” e alguma água começa a penetrar no interior dos grânulos.

- Mantendo-se o aquecimento, verifica-se o aumento das dimensões dos grânulos – incham – devido à cada vez maior quantidade que vai entrando e se vai ligando às suas moléculas constituintes (estas moléculas contêm inúmeros grupos –OH, que facilmente estabelecem ligações hidrogénio com a água). Diz-se que o amido gelatiniza.

- Há um aumento de viscosidade, dado que parte da água fria retida nos grânulos e estes, cada vez maiores, dificultam o movimento da água. A temperatura a que isto ocorre depende da origem do amido e chama-se temperatura de gelatinização (Atwell *et al.*, 1988).

2.4.5.2. Retrogradação do amido

A retrogradação, segundo Atwell *et al.* (1988), é um processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizado começam a reassociar-se numa estrutura ordenada.

Quando o gel do amido é deixado arrefecer, ocorre um alinhamento dos polímeros de glucose e, especialmente, da glicose, observando-se o aumento de rigidez do preparado. A este fenómeno chama-se retrogradação do amido.

A retrogradação é tanto maior, quanto maior for a percentagem de amilose no amido. E isto porque, como as amiloses são moléculas lineares, mais facilmente se ligam umas às outras, dando origem a uma espécie de recristalinização e a um aumento de rigidez.

Ciacco e Cruz (1982) complementaram que a expulsão da água da rede do gel é denominada sinérese.

2.5. Aditivos

Segundo a Norma Portuguesa 1735 e 1736 de 1986, “aditivo” é toda a substancia, com ou sem valor nutritivo, que por si só não é geralmente género alimentício nem ingrediente característico, mas cuja adição intencional, com finalidade tecnológica ou organoléptica, em qualquer fase da obtenção, tratamento, acondicionamento, transporte ou armazenagem de um género alimenticio, tem, como consequência, quer a sua incorporação ou a presença de um seu derivado, quer a modificação desse género.

Actualmente, o uso de aditivos tem-se tornado uma prática comum na indústria da panificação, de facto, a sua utilização tem como objectivos melhorar as propriedades de manipulação da massa, aumentar a qualidade do pão fresco e prolongar o tempo de vida do pão (Rosell *et al.*, 2006).

Os aditivos constituem um grupo de produtos de grande importância para a tecnologia de panificação. Os processos actuais de fabrico dos produtos de panificação, e a grande escala de produção exigida pelo mercado, foram os principais responsáveis pela utilização dos aditivos na panificação. Embora os aditivos não sejam considerados matérias-primas essenciais, a sua presença é fundamental para a obtenção de produtos com qualidade.

Os aditivos actuam, de maneira geral, corrigindo ou neutralizando deficiências da farinha de trigo, o que facilita a normalização da qualidade dos produtos finais; também podem alterar o comportamento reológico das massas, melhorando características de extensibilidade e elasticidade das massas; outra função extremamente importante dos aditivos é o prolongamento do tempo de vida, o que reduz as perdas do fabricante por retorno de produto; e ainda proporcionam maior segurança contra falhas no processo,

como por exemplo, períodos prolongados de amassamento mecânico ou fermentações mais longas. No entanto, é importante salientar que a obtenção destes benefícios só é possível com a correcta utilização dos aditivos, ou seja, a dosagem deve ser sempre adequada ao tipo de farinha, ao produto final desejado e ao processo de panificação que se está a utilizar.

São vários os aditivos que podem ser usados na panificação. Outros grupos de aditivos largamente utilizados na indústria alimentar, embora não especificamente na indústria da panificação, são os hidrocolóides. Estes compostos, vulgarmente chamados de gomas, são capazes de controlar tanto a reologia e a textura dos sistemas aquosos, toda a estabilização de emulsões, suspensões e espumas, é igualmente capaz de modificar a gelatinização do amido (Rosell *et al.*, 2006).

2.5.1. Hidrocolóides

Os hidrocolóides são polímeros de elevado peso molecular que são extraídos de plantas, de algas, de colagénio animal, ou são produzidos por síntese microbiana. São polissacarídeos que apresentam a propriedade de retenção das moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a actividade da água de um sistema.

Hidrocoloide é cada uma das substâncias que, misturadas com água, formam um gel (como sais do ácido alginico, ágar e gomas de polissacarídeos relacionadas), isto é, têm função de agentes espessantes ou gelificantes, estabilizantes de emulsões. De entre os mais conhecidos, podem ser mencionados a goma guar, a goma xantana, a goma de alfarroba, goma arrábica, pectina, a carboximetilcelulose, entre outras.

Os hidrocolóides são amplamente utilizados como aditivos na indústria alimentar, porque são úteis para modificar a reologia e a textura de suspensões aquosas (Dziezak, 1991). Os hidrocolóides, devido à sua elevada capacidade de retenção de água conferem estabilidade aos produtos que passam por sucessivos ciclos de congelamento e descongelamento (Lee *et al.*, 2002).

Os hidrocolóides são capazes de modificar as propriedades do glúten e do amido, afectando principalmente as propriedades de hidratação do glúten e também interferindo

nos processos de gelatinização e retrogradação do amido. A extensão do efeito depende dos hidrocolóides testados e também da sua concentração. A pectina afecta principalmente a hidratação do glúten, modifica a sua quantidade e qualidade. Todos os hidrocolóides testados, com excepção da goma arábica, diminuem os módulos viscoelásticos durante o aquecimento e arrefecimento, resultando num efeito de enfraquecimento do glúten. Além disso, a goma arábica actua principalmente nas propriedades viscométricas do amido (Bárcenas *et al.*, 2004).

Os hidrocoloides aumentam a viscosidade da massa do pão, melhorando a capacidade de retenção de gás e gerando produtos com maior volume e miolos com melhores características estruturais e de textura (Ylimaki *et al.*, 1991; Gallagher *et al.*, 2004).

A estrutura dos hidrocoloides confere aos produtos propriedades organolépticas semelhantes às gorduras e óleos, sensação de maciez e escorregadio, que permite a sua aplicação como substituintes da gordura.

Vários hidrocoloides como a hidroxipropilmetilcelulose, a carboximetilcelulose, gomas alfarroba, guar e xantana, pectina, β -glucana, são alvo de estudos com o objectivo de melhorar as propriedades do pão sem glúten (Ylimaki *et al.*, 1991; Gallagher *et al.*, 2003; Schober *et al.*, 2008; Lazaridou *et al.*, 2007; Demirkesen *et al.*, 2010). Segundo estes autores, os hidrocoloides são adicionados em níveis que podem variar de 1 a 4%, embora os melhores resultados em termos de volume e textura, foram obtidos pela incorporação de 1 a 2%. No entanto, os resultados são variáveis em função da formulação e das condições de processamento.

2.5.1.1. Goma Guar (*Cyamopsis tetragonolobus*)

A goma guar encontra-se em extractos de sementes de uma planta leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus*. É retirada do endosperma do feijão do tipo guar, *Cyamopsis*. A sua principal propriedade é a capacidade de se hidratar rapidamente em água fria e atingir alta viscosidade. O resíduo de sua semente, depois de extraída a goma, é bastante valioso para a utilização em rações animais.

Além dessas vantagens, a goma guar é de baixo custo, além de ser um bom espessante e estabilizante. A goma guar corresponde ao aditivo alimentar representado pelo E412 (D.L. nº 64, 2011/05). Trata-se de um heteropolissacarídeo que consiste

numa cadeia de unidades de 1,4- β -D-manopiranosil e pertence ao grupo das galactomanoses (1 galactose para 2 manoses) (Ribotta *et al.*, 2004).

É um hidrocoloide solúvel, largamente utilizado em produtos de panificação pela sua capacidade de aumento de volume e viscosidade; é solúvel em água fria, formando dispersões coloidais. Além disso, os hidrocoloides retardam a retrogradação do amido – formando complexos com as cadeias de amilose – e aumentam a capacidade dos produtos de panificação e retêm a humidade, contribuindo positivamente para a qualidade geral dos produtos (Munhoz et al. 2004).

É uma goma de elevado peso molecular, estável ao calor devido à presença dos resíduos de galactose, que dificultam a aproximação das moléculas de polissacarídeos, capazes de formar dispersões coloidais em água com elevada viscosidade devido à sua baixa ramificação. Não forma géis e a viscosidade é pouco afectada pelo pH, na gama de 4 a 9. Interage com outras gomas, alterando a viscosidade final do produto.

A goma guar é totalmente solúvel em água ou leite quentes. É um agente espessante, com características pseudoplásticas. Quando sujeito a temperaturas elevadas perde parte da viscosidade (Linden e Lorient, 1999).

2.5.1.2. Goma xantana (*Xanthomonas campestris*)

A goma xantana é um polissacarídeo microbiano extracelular utilizado em vários setores industriais devido às suas propriedades reológicas (Ross-Murphy *et al.*, 1983). Esta goma corresponde ao aditivo alimentar E 415. É produzido via fermentativa por bactérias do género *Xanthomonas* (Ross-Murphy *et al.*, 1983). Quanto à composição química a goma xantana é um heteropolissacarídeo (formado por mais de um tipo de monossacarídeo), de alto peso molecular. É composta por um esqueleto linear celulósico, contendo unidades pentassacarídicas repetidas de D-glucose unidas entre si por ligações -1,4, com resíduos alternados de D-manose e ácido D-glicurônico, tendo ainda grupos acetal pirúvico e D-acetil (Brown *et al.*, 2002).

A goma xantana tem sido aplicada em vários tipos de alimentos por apresentar propriedades importantes de estabilização de emulsão, estabilidade térmica, compatibilidade com diversos ingredientes de alimentos, e propriedades reológicas pseudoplásticas (diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento). A goma xantana é solúvel, em água fria e quente e este comportamento está relacionado

com a natureza polieletrólita da sua molécula. As soluções de xantana têm alta viscosidade e pseudoplasticidade, mesmo em concentrações baixas de polímero; a alta viscosidade é responsável pela capacidade espessante da xantana. A goma xantana também é utilizada na indústria farmacêutica, cosmética, de produtos agrícolas, têxtil e de exploração de petróleo (García-Ochoa *et al.*, 2000).

O principal efeito produzido pela xantana é o atraso da retrogradação da amilose. Um aumento da viscosidade de soluções de amido é observado pela incorporação deste hidrocolóide, que modifica as propriedades reológicas da solução (Weber *et al.*, 2008; Weber *et al.*, 2009). Por este motivo, a goma xantana tem sido utilizada para melhorar as características reológicas das massas de produtos como pães e bolos, aumentando o volume específico, adiando o endurecimento, prolongando o tempo de vida e aumentando a qualidade global desses produtos.

A goma xantana é altamente estável numa gama elevada de pH, sendo afectada apenas com valores de pH >11 e < 2,5. Geralmente, o pH tem pouco efeito na viscosidade de soluções de goma Xantana, no caso de processos alimentares, a sua viscosidade alta e uniforme é mantida por longos períodos de tempo na faixa de pH 2 - 12, com alguma redução de viscosidade em valores extremos de pH.

2.5.1.3. Pectina

A pectina é um ácido poligalacturônico parcialmente esterificado com grupos metoxilo (Jackix, 1988), compreendendo polissacarídeos valiosos, extraídos de vegetais comestíveis e usados amplamente como agentes gelificantes e estabilizantes pela indústria alimentar (Christensen, 1984). Esta goma corresponde ao aditivo alimentar E440, sendo utilizadas como agentes hidrocolídeos (gomas) gelificantes (Francisco *et al.*, 2001).

A pectina comercial obtém-se a partir da polpa de maçã e da fruta cítrica (Wong, 1989). As descrições mais elementares das pectinas consideram-nas como polímeros de moléculas α -D- galacturônico unidos de ligações 1 e 4, determinada de acordo com grupos carboxílicos esterificados com metanol (Atlas Veg, 2004).

Existem duas classes de pectinas, as pectinas altamente metoxiladas, que têm um grau de esterificação superior a 50% e as pectinas com poucos grupos metóxilo, que têm um baixo grau de esterificação. As pectinas muito esterificadas, requerem a presença

de açúcar e ácido para formar gel e são aplicadas em compotas, geleias e gomas. As pectinas pouco esterificadas formam géis na ausência de açúcar, mas requerem a presença de cálcio para ajudar a formar as ligações cruzadas. São aplicadas em compotas e geleias de baixo conteúdo em açúcar.

Outra característica favorável da pectina é o seu valor dietético e nutritivo, além de estimular a saliva e ajudar aos movimentos peristálticos do intestino (Camila *et al.*, 2004)

2.5.1.4. Goma de Alfarroba (*Locust Bean Gum*)

A alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*) é uma árvore de folha perene, originária da região mediterrânica que atinge cerca de 10 a 20 m de altura, cujo fruto é a alfarroba. Também é designada pelos nomes vulgares de figueira-de-pitágoras e figueira-do-egipto (Houaiss, 2005).

Pensa-se que a alfarrobeira terá sido trazida pelos gregos da Ásia Menor. Existem indícios de que os romanos mastigavam as suas vagens secas, muito apreciadas pelo seu sabor adocicado. À semelhança de outras, esta planta foi levada pelos árabes para o Norte de África, Espanha e Portugal.

Do fruto da alfarrobeira tudo pode ser aproveitado, embora a sua excelência esteja ainda ligada à semente, donde é extraída a goma de alfarroba, constituída por hidratos de carbono complexos (galactomananos), que têm uma elevada qualidade como espessante, estabilizante, emulsionante e múltiplas utilizações na indústria alimentar (E410).

A farinha de alfarroba é a fracção obtida pela trituração e posterior torrefacção da polpa da vagem. Contém, em média, 48-56% de açúcar (essencialmente sacarose, glucose, frutose e manose), 18% de fibra (celulose e hemicelulose), 0,2-0,6% de gordura, 4,5% de proteína e elevado teor de cálcio (352 mg/100 g) e de fósforo. Por outro lado, as características particulares dos seus taninos (compostos polifenólicos) levam a que a farinha de alfarroba seja muitas vezes utilizada como antidiarreico, principalmente em crianças (Houaiss, 2005)

A goma de alfarroba consiste essencialmente num polissacarídeo hidrocoloidal neutro de elevada massa molecular, (Lazaridou *et al.*, 2007) constituído por unidades de

galactopirranose e de manopirranose, combinadas entre si por ligações glicosídicas (constituindo um galactomanano neutro). O polímero é formado pelo encadeamento de β -D-manoses unidas em (1-4) com ramificações laterais de uma unidade de α -D-galactose em uniões α -(1-6). Existe uma razão de cerca de 3,5 (2,8 – 4,9) de resíduos de manose / galactose (Bruneton, 2001; Bennink *et al.*, 1999], verificando-se uma alternância entre os segmentos ramificados e não ramificados do polímero (Bruneton, 2001; Bennink *et al.*, 1999).

A distribuição da galactose na cadeia linear de manose controla as propriedades reológicas da goma de alfarroba, em particular, uma elevada razão manose/galactose traduz espessante, influenciando a sua solubilidade, temperatura e mecanismo de gelificação. A difícil solubilização dos galactomananos exige elevada temperatura, que varia conforme a razão manose/galactose e agitação constante de modo a assegurar a completa dissolução em água. O estudo das propriedades reológicas demonstrou que a sua viscosidade é máxima a pH=5 (20°C), comportamento que pode ser justificado pela presença de impurezas com carga (proteínas), que conseguem modificar a força iónica das soluções dependendo do pH, já que os galactomananos são polissacarídeos neutros. Após a formação do gel e posterior arrefecimento, Rizzo *et al* (2004) verificou que o aumento da temperatura diminui a viscosidade da goma de alfarroba, a pH=5.

Devido à crescente utilização desta goma na indústria alimentar na década de 70, o comité da FAO/WHO dos aditivos alimentares avaliou a sua ingestão diária aceitável, com base em estudos toxicológicos e bioquímicos realizados.

Actualmente, e devido à sua alta viscosidade, a goma de alfarroba é utilizada como espessante em diversos produtos alimentares, como por exemplo em gelados (Barata *et al.*, 2006).

2.6. Formulações “sem glúten”

Como já foi referido em subcapítulos anteriores, as formulações sem glúten necessitam de aditivos que lhes confirmem características reológicas semelhante às do glúten. Segundo Preichardt *et al.* (2009) e Lorenzo *et al.* (2008), a goma xantana, a goma guar e a mistura de ambas confere às massas características muito semelhantes às massas que contêm glúten. Desta forma, é de primordial importância o estudo da função desta goma em massas isentas de glúten, designadas de “gluten-free”.

Na Tabela 8 encontram-se resumidos alguns estudos realizados com as gomas xantana e guar.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 8 – Trabalhos realizados com produtos de panificação com a goma xantana e guar.

Produto	Hidrocoloide	Resultados	(Autor/data)
Influência de mistura xantana-amido na textura de massas após a preparação e armazenamento	Goma xantana	A goma xantana diminui a elasticidade e a coesividade das amostras.	Mandala <i>et al.</i> , 2001
Bolos sem glúten	Goma xantana	A goma xantana melhora as características sensoriais dos bolos sem glúten. Massas de bolos feitos com xantana e mistura xantana guar apresentam maiores valores de viscosidade aparente.	Preichardt <i>et al.</i> , 2009
Produção de goma xantana	Goma xantana	As cadeias de xantana formam uma rede tridimensional contínua. Misturada com goma guar aumenta a viscosidade da massa.	Borges <i>et al.</i> , 2008
Efeitos dos hidrocolóides na reologia das massas e nos parâmetros da qualidade do pão, nas formulações sem glúten	Goma xantana	A goma xantana adicionada à farinha de arroz, apresentou melhores propriedades viscoelásticas em comparação com carboximetilcelulose (CMC), pectina, agarose e β -glucano. A adição de goma xantana numa formulação isenta de glúten faz com que num farinógrafo, apresente uma curva típica da farinha de trigo.	Lazaridou <i>et al.</i> , 2007
Interações físico-químicas entre amidos de milho e hidrocolóides (gomas guar e xantana) e os seus efeitos nas propriedades funcionais	Goma xantana	Atraso na retrogradação da amilose, maior viscosidade de soluções de amido.	Weber <i>et al.</i> , 2008
Efeitos da goma xantana nas propriedades térmicas de sistemas de massas formulados com diferentes combinações de farinhas	Goma xantana	A goma xantana aumenta a temperatura de gelatinização, porém, diminui a temperatura de transição vítrea	Xue e Ngadi, 2009
Propriedades reológicas e qualidade de bolos de arroz formulados com diferentes gomas	Goma xantana	As massas dos bolos feitos com xantana e a mistura de xantana-guar tiveram os maiores valores de viscosidade aparente. Demonstra uma estabilidade da massa e qualidade do bolo produzido com xantana.	Tubari <i>et al.</i> , 2008
Pão de mandioca	Goma xantana	Adia a perda de humidade e dureza do miolo do pão	Shittu <i>et al.</i> , 2009
Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho	Goma guar	Retarda a retrogradação do amido, formando complexos com as cadeias de amilose, e aumenta a capacidade dos produtos de panificação em reter a humidade. Maior qualidade geral dos produtos.	Munhoz <i>et al.</i> , 2004
Estudo de novos ingredientes no processo de alimentos	Goma guar	Totalmente solúvel em água ou leite quentes. Quando sujeito a elevadas temperaturas perde parte da viscosidade.	Linden e Lorient, 1999
Efeitos dos emulsionantes e da goma guar na micro estrutura e na reologia na massa de pão congelada.	Goma guar	A goma guar melhora a textura elástica e a resistência da massa. Aumenta a capacidade de retenção da água.	Ribotta <i>et al.</i> , 2004
Aplicação dos hidrocolóides na melhoria dos produtos de panificação	Goma guar	A goma guar melhora o sabor das massas e ajuda a controlar o índice glicémico. O carácter hidrofílico impede a libertação da água.	Kohajdová e Karovicová, 2008

Quando adicionada à massa de pão, a goma guar melhora a textura e a resistência da massa, e aumenta a capacidade de retenção de água (Ribotta *et al.*, 2004). A incorporação da goma guar em certos tipos de alimentos melhora o seu sabor e melhora o respectivo índice glicémico (Kohajdová e Karovicová, 2008). Outro trabalho realizado por Ribotta *et al.* (2004), mostrou que a adição de goma guar à massa de pão congelada diminuiu a dureza do miolo e aumentou o volume específico do pão.

Lazaridou *et al.* (2007) testou diferentes hidrocolóides à concentração de 1 a 2% no comportamento reológico de massas sem glúten, sendo eles a pectina, carboximetilcelulose (CMC), agarose, xantana e B-glucano. A massa com goma xantana foi a que apresentou comportamento mais próximo das massas amiláceas elaboradas a partir da farinha de trigo. Contudo, foi a única que não apresentou aumento de volume, e uma das que causou endurecimento do miolo.

A adição de goma xantana na formulação de massa de bolos aumenta a viscosidade aparente e impede o colapso dos bolos no processo de cozedura. A mistura de emulsionantes contribui para a obtenção de massas mais macias. Segundo este autor a utilização de goma xantana e outros emulsionantes usados na massa de bolos de arroz traduz-se em produtos com o volume, textura e porosidade mais aceitáveis (Tubari *et al.*, 2008).

No trabalho de Preichardt *et al.* (2009) verificou-se que a adição de goma xantana melhorou as características sensoriais dos bolos sem glúten formulados com farinha de arroz e milho. O atraso do envelhecimento, a menor formação de migalhas e a maior sensação de humidade na boca destacaram-se nos bolos com esta goma adicionada. Portanto, a goma xantana teve efeito benéfico sobre as características sensoriais dos bolos sem glúten podendo ser utilizada de maneira satisfatória na elaboração desses produtos, melhorando expressivamente a sua qualidade sensorial.

A adição de goma xantana a pão de mandioca, influencia significativamente a massa, manipulação, propriedades e algumas qualidades de pão (Shittu *et al.*, 2009). Segundo este autor, a concentração máxima de goma xantana considerada suficiente para atrasar a perda de humidade e endurecimento do miolo de pão, é de 1%.

Weber *et al.* (2009) estudaram as interações físico-químicas entre amidos de milho e hidrocolóides (gomas guar e xantana) e os seus efeitos nas propriedades funcionais. Os

autores concluíram que a goma xantana modifica as propriedades gelificantes e térmicas dos amidos, e reduz a retrogradação do amido de milho.

Xue e Ngadi (2009), no estudo sobre os efeitos da goma xantana nas propriedades térmicas de sistemas de massas formulados com diferentes combinações de farinhas, observaram que a adição deste hidrocolóide aumenta a temperatura de gelatinização, porém, diminui a temperatura de transição vítrea.

2. Materiais e Métodos

Neste capítulo encontram-se descritas as matérias-primas utilizadas, o processo produtivo do pão, assim como todas as metodologias e os equipamentos utilizados para a determinação do pH, humidade, actividade da água, cor e textura. Faz-se ainda distinção entre os dois tipos de ensaios realizados: preliminares e experimentais. Esta diferenciação pretende distinguir todos os ensaios que foram necessários realizar para seleccionar a formulação de base utilizada nos ensaios experimentais. Nestes últimos, estudou-se o efeito dos hidrocoloides, como a goma xantana, a goma guar, goma de alfarroba e a pectina, assim como o efeito da adição de diferentes tipos de farinhas: farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha, à formulação de base.

3.1. Matéria-prima

Neste trabalho foram utilizados quatro tipos de farinha diferentes: farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

Na Tabela 9 encontra-se descrita a matéria-prima utilizada neste trabalho, relativamente à proveniência.

Tabela 9 – Descrição da matéria-prima utilizada

Matéria-prima	Marca
Farinha de arroz	Pingo doce
Grão-de-bico	Pingo doce
Amido de milho	Maizena
Feijão branco	Pingo doce
Farinha de castanha	Provida
Cloreto de sódio	Vatel
Goma Xantana	Formulab
Goma Guar	Formulab
Pectina	Formulab
Goma de Alfarroba	Formulab
Albumina em pó	Sosa Ingredients, S.L.
Levedura fresca (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) sem glúten	Levital
Sacarose	Pingo doce

3.1.1. Obtenção das farinhas de feijão e de grão-de-bico: moagem

As farinhas de arroz, feijão e grão-de-bico foram obtidas em laboratório através do processo de moagem dos respectivos grãos. Para tal, utilizou-se um moinho de cereais de crivos da Adagroinox (modelo M6L60). Utilizou-se um crivo de 500 μm . Após a moagem, as farinhas foram peneiradas (Peneiro Retsch – Analysensieb – DIN 4188) e armazenadas, em sacos de polietileno específicos para alimentos, à temperatura ambiente.

Na Figura 4 encontra-se esquematizado o fluxograma do processo de moagem das farinhas.

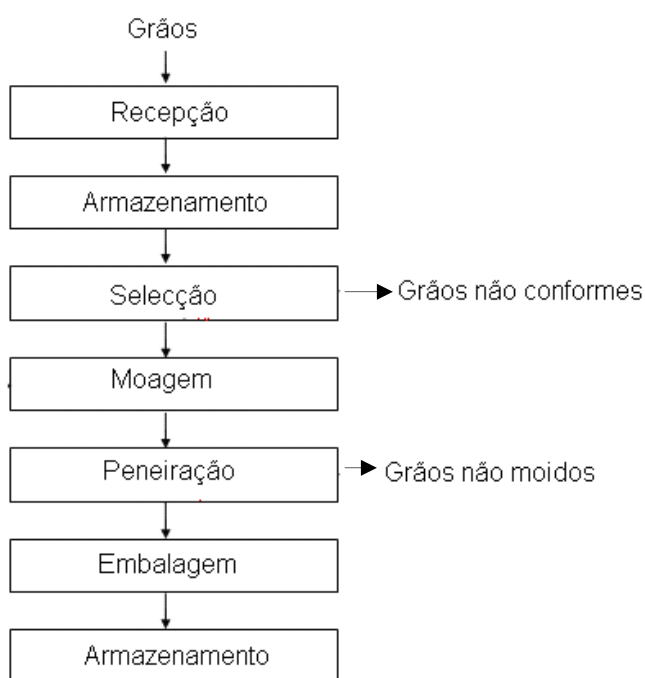












Figura 4 - Fluxograma do processo de moagem das farinhas.

3.2. Equipamentos

No processo de produção de pão e nas respectivas análises foram utilizados os equipamentos descritos na Tabela 10.

Tabela 10 – Equipamentos utilizados no trabalho.

Equipamento	Marca	Equipamento	Marca
Batedeira 	Kenwood Electronic	Medidor aW 	Pawkit, Decagon, Water activity meter
Medidor de pH 	Meat PH Meter HI99163 da HANNA	Forno 	Disotel
Incubadora 	CFC FFree da Sanyo	Colorímetro 	Colorímetro Minolta CR 300
Moinho 	Moinho Adagroinox, modelo M6L60) com um crivo de 1mm	Estufa 	Estufa EHRET da Reagentes-química e electronica Lda.
Texturómetro 	Texturómetro-modelo TA – XT 2i da Syable Micro System	Balança digital 	Marca kern EW- Kern & Sohm Embh D- 72336 Belingen , Germany

3.3. Processo produtivo do pão

Na produção do pão sem glúten, procedeu-se de acordo com o fluxograma esquematizado na Figura 5.

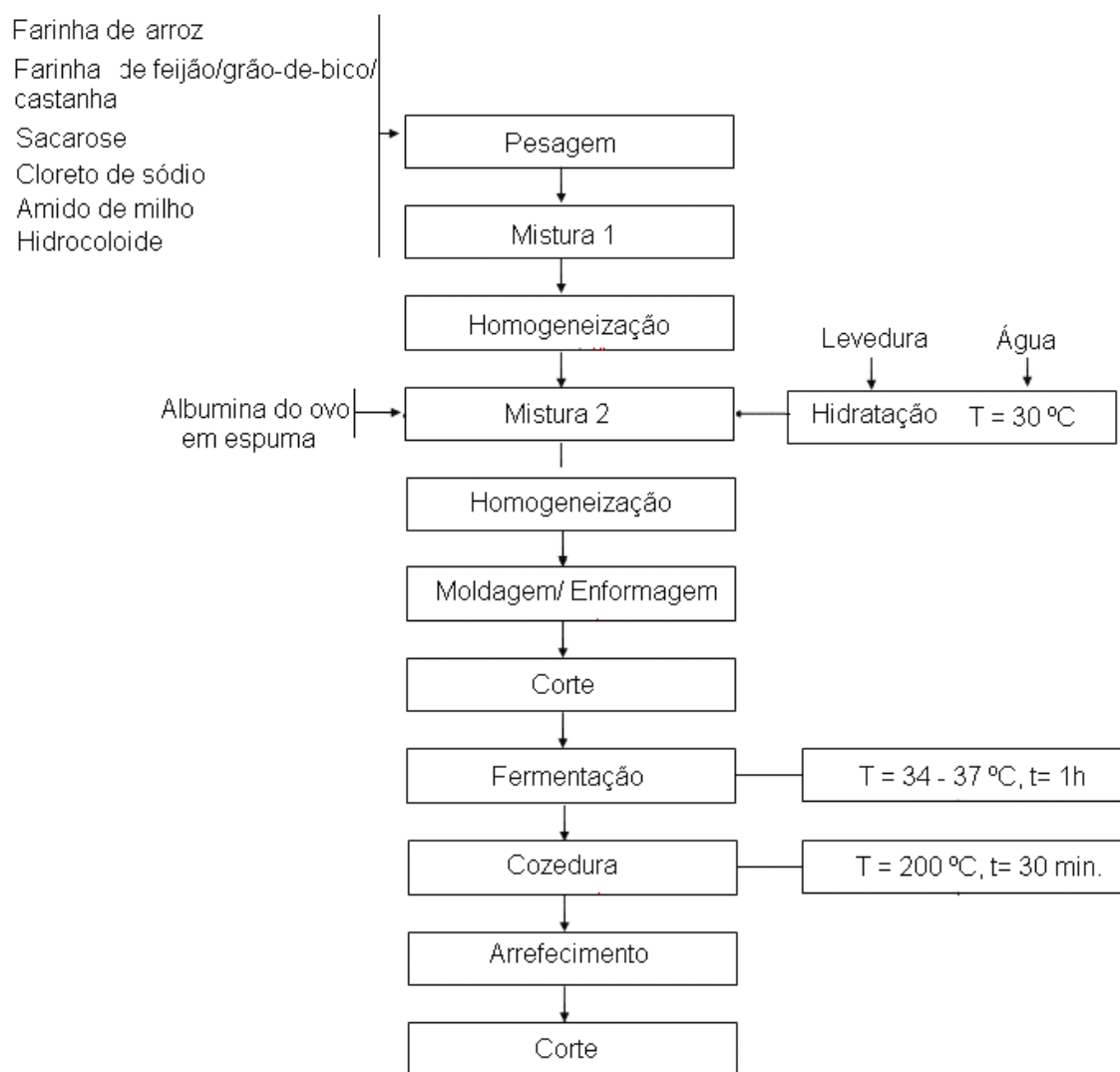


Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo do pão sem glúten.

Tal como mostra a Figura 5, o processo produtivo inicia com a pesagem dos constituintes secos (farinha, hidrocoloide, amido de milho, sal e açúcar), e posterior mistura (Mistura 1). Posteriormente adiciona-se o fermento fresco, hidratado previamente com água a 30°C.

Os restantes constituintes, albumina do ovo, levedura fresca hidratada são pesados e adicionados à massa anterior (Mistura 2). A mistura é amassada durante 15 minutos a 1 rpm (batedeira- Figura 10). De seguida, a massa resultante é distribuída uniformemente por formas de alumínio e é introduzida numa estufa (Figura 10) onde fermenta durante 1h à temperatura de 34 °C. Posteriormente a massa é cozida durante 30 minutos à temperatura de 200°C num forno convector (Figura 10). Retira-se o pão do forno e

deixa-se arrefecer. De seguida, o pão é cortado em porções de acordo com as análises a efectuar.

A quantidade de hidrocoloide e de farinha de feijão, grão-de-bico e castanha variam de acordo com os ensaios realizados (Tabela 12).

3.4. Ensaios preliminares

Numa primeira fase deste trabalho foram realizados ensaios designados de “ensaios preliminares”. Com estes ensaios pretendeu-se seleccionar a formulação de base, para a posterior realização dos ensaios experimentais, nos quais se pretende variar apenas os hidrocoloides e as farinhas.

Nas formulações a testar manteve-se a percentagem de farinha de arroz, amido de milho, sacarose, cloreto de sódio e levedura e xantana (prefazendo um total de 65,58% dos constituintes) e variou-se: água, presença/ ausência de carboximetilcelulose, presença/ ausência de albumina (Tabela 11).

Tabela 11 – Constituintes utilizados na formulação base do pão sem glúten.

Massa de pão	Constituintes base (g)					
	Xantana	Farinha de arroz	Amido de milho	Sacarose	Cloreto de sódio	Levedura fresca
	12,5	300	115	60	8	25

Nos ensaios preliminares realizados utilizaram-se as formulações descritas na Tabela 12 e procedeu-se de acordo com o fluxograma da Figura 5 para obter o produto final, pão.

Tabela 12 – Formulações do pão produzido nos ensaios preliminares

Constituintes (g)	Ensaio									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Farinha de arroz	300	300	300	300	300	300	300	300		
Farinha de arroz ¹ molda de origem									300	
Farinha de Feijão										300
Amido de milho	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
Sacarose	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Cloreto de sódio	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Goma xantana	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Fermento fresco sem glúten	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Água	80	80	160	80	80	80	80	80	80	80
CMC (carboximetilcelulose)	22		22	22	22	22		22	22	22
Albumina	70		70					70		
Albumina em espuma				70			70		70	70
Albumina em pó					70					
Água	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

No final da etapa de corte recorreu-se apenas a uma avaliação visual do pão obtido da qual resultaram as conclusões apresentadas na Tabela 13.

¹ Esta farinha já foi adquirida embalada, marca: Seara – Produtos naturais, Lda.

Tabela 13 – Conclusões da avaliação visual do pão obtido nos ensaios preliminares

Ensaio	Resultados
1	Verificou-se que a pão obtido era bastante duro e com poucos alvéolos
2	Realizado sem carboximetilcelulose e sem albumina do ovo, as características organolépticas do pão não satisfatórias, o pão ainda se mostrava mais duro que o do ensaio nº1.
3	Utilizou-se duas vezes a quantidade de água adicionada ao fermento, o que resultou numa massa com maior elasticidade e com mais alvéolos no pão após cozedura.
4	Substituiu-se a albumina não batidas por albumina em espuma resultando no aumento dos alvéolos no pão após fermentação e cozedura.
5	Utilizou-se albumina em pó com o objectivo de facilitar o fabrico industrial, no entanto, resultou um pão menos macio e com poucos alvéolos.
6	Fez-se o pão sem albumina, o que resultou na obtenção de um pão duro e sem alvéolos.
7	Não se utilizou CMC e adicionou-se clara batida e resultou num pão mais alveolar e macio.
8	Experimentou-se com farinha de arroz (já mioda de origem), mas a massa não ficou com o mesmo aspecto que no ensaio 1, isto é, apresentava-se desintegrado e não ligava.
9	Utilizou-se 22,5% de farinha de arroz e 15% de farinha de feijão, resultando num sabor intenso a feijão e num aspecto visual mais denso.
10	Fez-se o pão apenas com farinha de feijão resultando num sabor intenso a feijão e com poucos alvéolos.

Mediante as conclusões obtidas após a realização dos ensaios preliminares optou-se pela formulação indicada na Tabela 14, a qual não possui CMC, possui albumina em espuma e farinha de arroz obtida em laboratório após moagem do grão.

Tabela 14 – Formulação final para a elaboração do pão sem glúten

Pão sem Glúten	% Formulação base (p/p)							
	Farinha de arroz	Amido de milho	Sacarose	Cloreto de sódio	Hidrocoloide	Fermento fresco sem glúten	Albumina do ovo em espuma	Água
	37,75	14,51	7,57	1,01	1,58	3,16	8,83	25,59

A proporção seleccionada para a mistura das farinhas a adicionar são: 26,5% de farinha de arroz e 11,25 % de farinha de feijão/grão-de-bico/castanha.

3.5. Ensaios experimentais

Após a realização dos ensaios preliminares, nos quais se seleccionou a mistura amilácea e a respectiva composição de base, prosseguiu-se para a fase seguinte: estudo das propriedades físico-químicas e de textura do pão, após cozedura, com diferentes hidrocolóides e diferentes farinhas. Os hidrocolóides estudados foram: goma xantana, goma guar, goma de alfarroba e pectina, e as diferentes farinhas: farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha. Na Tabela 15 encontram-se descritos os ensaios realizados e as respectivas composições e formulações (mantendo constante as percentagens de amido de milho, sacarose, cloreto de sódio, fermento, albumina e água – Tabela 14).

Tabela 15 – Ensaios realizados, respectiva codificação e constituição em termos de farinha e de hidrocoloide

Código	Ensaio	FA	FF	FG	FC	G	X	P	A
AROX	1	37,5	-	-	-	-	1,58	-	-
AROG	2	37,5	-	-	-	1,58	-	-	-
AROA	3	37,5	-	-	-	-	-	-	1,58
AROP	4	37,5	-	-	-	-	-	1,58	-
AFOX	5	26,25	11,25	-	-	-	1,58	-	-
AFOG	6	26,25	11,25	-	-	1,58	-	-	-
AFOA	7	26,25	11,25	-	-	-	-	-	1,58
AFOP	8	26,25	11,25	-	-	-	-	1,58	-
AGOX	9	26,25	-	11,25	-	-	1,58	-	-
AGOG	10	26,25	-	11,25	-	1,58	-	-	-
AGOA	11	26,25	-	11,25	-	-	-	-	1,58
AGOP	12	26,25	-	11,25	-	-	-	1,58	-
ACOX	13	26,25	-	-	11,25	-	1,58	-	-
AQOA	14	26,25	-	-	-	-	-	-	1,58
AQOP	15	26,25	-	-	-	-	-	1,58	-

Legenda: FA – Farinha de arroz; FG – Farinha de grão-de bico; FF – Farinha de feijão; FC – Farinha de castanha; G – Goma Guar; P – Pectina; X – Goma xantana; A – Goma de Alfarroba.

3.6. Métodos analíticos

Neste subcapítulo encontram-se descritos os métodos analíticos realizados a todos os ensaios. De referir que as análises foram efectuadas ao pão após cozedura e respectivo arrefecimento, até atingir a temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.6.1. Determinação do pH

3.6.1.1. *Preparação do pão para determinação do pH*

Após confecção, o pão arrefeceu à temperatura ambiente ($T = 20^{\circ}\text{C}$) e foi de seguida cortado em fatias de 1,5 cm de espessura.

3.6.1.2. *Determinação do pH*

Na determinação do pH utilizou-se o medidor de pH com um eléctrodo de pH de sólidos, HANNA HI 99163. Previamente à análise, o eléctrodo foi calibrado com as soluções padrão pH 4 e pH 7, respectivamente.

Para a determinação do pH o eléctrodo foi inserido no centro da amostra da fatia de pão e procedeu-se à sua medição. Os registos dos valores de pH obtidos, assim como a respectiva temperatura, encontram-se no Apêndice IA.

3.6.2. Determinação do teor de humidade

3.6.2.1. *Preparação do pão para determinação do teor de humidade*

Após confecção, arrefecimento e corte do pão, utilizou-se uma porção de mais ou menos 20g, a qual foi transformada em migalhas granulosas através do recurso de uma picadora (Molinox M.R. Moulinette).

3.6.2.2. *Determinação do teor de humidade*

Na determinação do teor de humidade recorreu-se ao método gravimétrico (NP 2966: 1993). Para tal utilizaram-se cadinhos, as quais foram, codificados e pesados na

balança analítica (Sartorius, BP 221S) e previamente acondicionado no exsiccador. As amostras, com aproximadamente 4g cada, foram colocadas nos respectivos cadinhos, e os quais se voltaram a pesar. Posteriormente, as amostras foram introduzidas na estufa (EHRET, BK 4266) a 105°C durante 48 horas. Após este período de tempo as amostras foram retiradas da estufa e colocadas num exsiccador durante 24 horas. Findo este tempo pesaram-se as amostras e os pesos foram registados. Para cada ensaio fizeram-se 3 repetições.

No Apêndice IB encontra-se descrita a metodologia de cálculo, assim como as observações experimentais para a determinação do teor de humidade.

3.6.3. Determinação da cor da crosta e do miolo do pão

3.6.3.1. *Descrição do método*

Os instrumentos para medir a cor foram criados para fornecer dados numéricos, mais objectivos, com a finalidade de mudar a percepção de um observador (subjectiva ao mesmo). Desta forma, a especificação de cor de um dado objecto é obtida por valores tristímulos que não pode ser reproduzível devido fundamentalmente a duas causas: ao observador e à fonte de luz utilizada. Assim, especificaram-se os factores passíveis de afectar a cor de um objecto (iluminante, objecto e observador). As fontes luminosas ou iluminantes utilizadas por estes aparelhos são comumente conhecidas como: Iluminante C ou D65 é utilizado para substituir a luz do dia; Iluminante A, utilizado para substituir a luz incandescente e Iluminante F2 para substituir a luz flurescente (Minolta, 1994).

Em 1976, a International Commission on Illumination (CIE), desenvolveu um método novo para definição cromática – sistema de cores $L^*a^*b^*$ ou $CIEL^*a^*b^*$. Este método reduziu largamente um dos problemas apresentados pelo diagrama original Yxy onde distâncias semelhantes no diagrama de cromaticidade x e y, não correspondem a diferenças iguais de percepção de cor. O espaço de cor $CIEL^*a^*b^*$ é um sistema cartesiano definido por três coordenadas de cor.

No modelo de cor CIE $L^*a^*b^*$, a luminosidade varia de 0 a 100, onde 0 representa a cor preta e 100 a cor branca (Almeida, 2004). No que respeita à cromaticidade, os valores de a^* (que percepcionam as cores de verde a vermelho) e os valores de b^* (que percepcionam as cores de azul a amarelo) variam de -120 a +120. No sistema $L^* a^* b^*$,

o L^* indica a reflectância, enquanto a^* e b^* são coordenadas cromáticas que indicam a intensidade da cor num plano bidimensional. A coordenada a^* , quando varia no sentido positivo (+), indica uma inclinação ao vermelho, enquanto no sentido negativo (-) mostra uma tendência na direcção ao verde. Já a coordenada b^* , no sentido (+) é dirigida ao amarelo, enquanto no sentido negativo (-) vai na direcção do azul.

Este sistema é representado graficamente por uma esfera sólida, que representa o espaço de cor tridimensional (Figura 6).

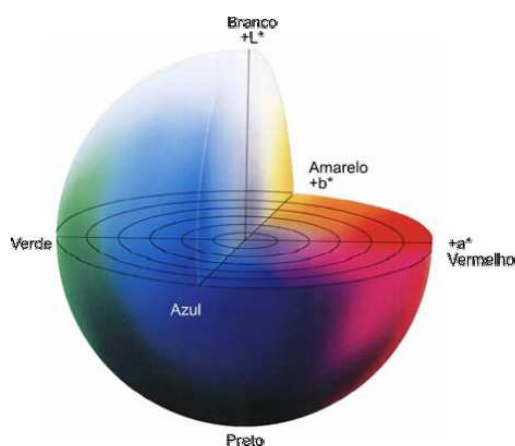


Figura 6 – Representação do sólido da cor do espaço L^* a^* b^* (Adaptado: Minolta, 1994).

Para melhor visualizar a cor do pão dos ensaios estudados, será determinada a cromaticidade dos parâmetros, L^* (luminosidade), Croma C^* (grau de saturação) e L^*/b^* .

A saturação representa o grau de pigmentação da cor, se for mais intensa e brilhante, ou opaca e mais fraca. A escala da saturação é representada na horizontal (Figura 7, inferior), onde as cores próximas do centro são mais fracas, e próximas das extremidades, mais intensas.

A razão L^*/b^* , luminosidade/amarelo, é considerado o parâmetro que avalia correctamente a cor do miolo.

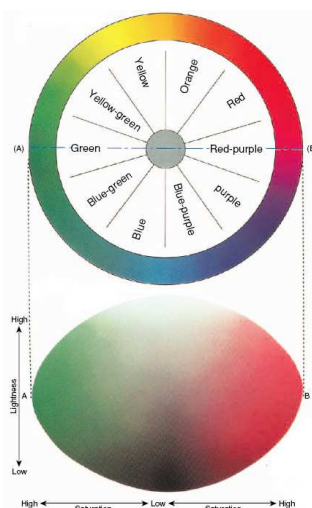


Figura 7 – Círculo de cores (superior), mudança da luminosidade e saturação das cores (inferior). Fonte: Konica Minolta (1994)

3.6.3.2. *Preparação das massas do pão para determinação da cor*

Após confecção, o pão foi deixado a arrefecer à temperatura ambiente ($T=20^{\circ}\text{C}$), de seguida foi cortado em fatias de 1,5 cm.

3.6.3.3. *Determinação da cor com colorímetro minolta*

Para a determinação da cor utilizou-se um colorímetro Minolta CR – 300 e o sistema utilizado foi o CIEL*a*b*.

Relativamente à determinação da cor das amostras procedeu-se à calibração prévia do colorímetro. Assim, o medidor foi posicionado no centro da placa de calibração, procedendo-se à respectiva calibração. Para a verificação da correcta calibração do equipamento, confirmam-se os valores obtidos no mostrador: L^* 97.06; a^* +5.28; b^* - 3.49, de acordo com o pretendido.

Posteriormente procedeu-se à determinação de cor das amostras, posicionando-se o medidor no centro das mesmas e registando os valores ($L^*a^*b^*$) obtidos (Apêndice IC). Para cada tipo de ensaio fizeram-se seis determinações. Procedeu-se da mesma forma para determinar os parâmetros de cor do miolo e da crosta do pão.

3.6.3.4. Conversão dos parâmetros cromáticos L^* , a^* e b^*

Os valores a^* e b^* foram usados para obter o croma (C^*) e o ângulo de tonalidade (h_{ab}), de acordo com *Minolta* (1994) que apresenta as seguintes equações:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{eq.1})$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}\{b^*/a^*\} \quad (\text{eq.2})$$

Com os valores de L^* e b^* determinou-se também a razão:

$$L^*/b^*$$

Para a obtenção destes parâmetros, utilizaram-se os dados registados pelo colorímetro (apêndice IC) e substituíram-se nas fórmulas das equações anteriores.

3.6.4. Textura

3.6.4.1. Descrição do método

Nos alimentos em geral, a textura é um dos atributos mais importantes entre aqueles que afectam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Para cada alimento, existem uma série de factores básicos de qualidade e uma série de características de textura que são apreciados pela maior parte dos consumidores (Rodrigues, 1999). Cientificamente, a textura é um conceito puramente sensorial, cuja percepção pode-se distinguir entre características: mecânicas, geométricas, de composição química, acústicas, visuais e térmicas (Fiszman, 1989). Desta forma, considera-se que a textura é, na realidade, um conjunto de propriedades. No entanto, pode-se afirmar que o estímulo na percepção da textura é principalmente mecânico e, conseqüentemente, quase todos os métodos instrumentais de avaliação de textura são ensaios mecânicos. Os ensaios mecânicos medem as relações entre pressão e deformação dos materiais e através deles, por ensaios instrumentais, determinam-se parâmetros como a dureza e a coesividade, por exemplo. Os texturómetros universais permitem a obtenção de dados de resistência à compressão, ao cisalhamento, extrusão, corte, entre outros, com rapidez e precisão, registando a resposta do material durante o processo de medição, através de curvas de onde se podem extrair uma série de dados (Rodrigues, 1999).



Figura 8 – Texturómetro TA – XT 2i utilizado na análise da textura do pão.

Na análise à textura do pão utilizou-se o texturómetro modelo da Syable Micro System (Figura 8).

3.6.4.2. Preparação do pão para determinação da textura

Após cozedura, o pão foi deixado arrefecer à temperatura ambiente ($T = 20^{\circ}\text{C}$). No caso da análise à textura da crosta do pão cortaram-se cubos de 2,5 cm. Na análise à textura do miolo do pão, cortaram-se fatias de 1,5 cm de espessura.

3.6.4.3. Teste uniaxial de penetração

Para a análise à textura da crosta, seleccionou-se o teste uniaxial de penetração. Para a realização deste teste foi utilizada a sonda “P/2N agulha” em aço inoxidável. As condições do teste foram: velocidade pré-teste 1,00 mm/s, teste 2,00 mm/s, pós-teste 10 mm/s, e distância 5,0 mm. Este teste permitiu a determinação da dureza da crosta obtido através do registo do valor de força máxima (Figura 9).

3.6.4.4. Resistência à compressão do miolo

Para a análise à textura do miolo, seleccionou-se o teste “resistência à compressão”. Para a realização deste teste foi utilizada a sonda cilíndrica “P/35”, de aço inoxidável. As condições do teste foram: velocidade teste 3,00 mm/s e distancia 20,0 mm. Este teste permitiu a determinação da firmeza e adesividade, do miolo do pão (Figura 10).

3.6.4.5. Análise dos gráficos obtidos

Após o procedimento experimental, os dados adquiridos pelo software (“Texture

expert for Windows 1.22”) foram guardados e transferidos para formato excell.

3.6.4.6. *Determinação da dureza da crosta e firmeza do miolo*

A dureza e a firmeza são calculadas a partir da força máxima, que se encontra representada no gráfico da Figura 9 como “F”, esta força é expressa em Newton (N). A força máxima é equivalente à dureza do alimento em análise. No apêndice ID, encontram-se descritos os dados obtidos nestas determinações. Foram realizadas 10 determinações para cada ensaio.

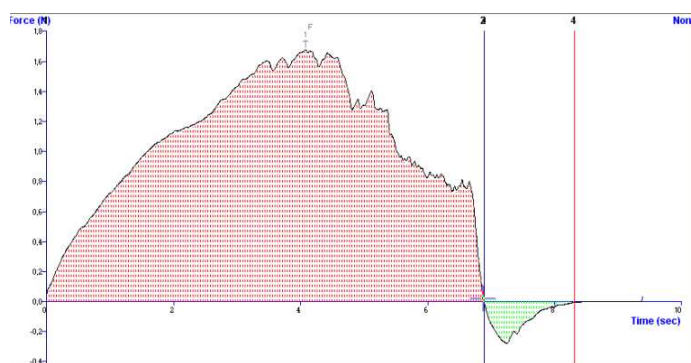


Figura 9 – Gráfico característico de um ensaio de penetração da crosta do pão. Exemplo correspondente ao ensaio realizado com farinha de arroz e com goma de afarroba.

3.6.4.7. *Determinação da adesividade*

A adesividade da massa é a área com cor verde, representada no gráfico da Figura 9 e Figura 10. Este resultado é expresso em Newtons/segundo. No apêndice ID, encontram-se descritos os valores obtidos nestas determinações.

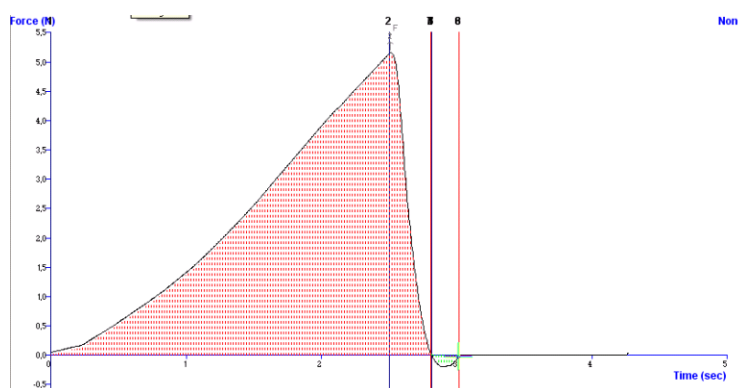


Figura 10 – Gráfico característico de um ensaio de resistência à compressão do miolo do pão. Exemplo correspondente ao ensaio com farinha de arroz e goma de alfarroba.

3.6.5. Actividade de água (a_w)

3.6.5.1. *Descrição do método*

A quantidade de água presente num alimento pode-se encontrar na forma de água ligada e não-ligada. A relação entre o teor de água não-ligada ou disponível é denominada de actividade de água. Esse teor é designado como a_w e é definido em termos de equilíbrio termodinâmico. É um número adimensional, resultado da pressão de vapor de água do produto pela pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura. Varia numericamente de 0 a 1 e é proporcional à humidade relativa de equilíbrio.

A quantificação do teor de água em produtos alimentícios é extremamente importante para a sua preservação. A água numa matriz alimentícia pode exercer diversas funções, dependendo de sua disponibilidade e de outros componentes do alimento.

A a_w tem muita influência nas reações de transformações de alimentos, que podem ser microbiológicas, físicas e químicas. (António *et al.*, 2006)

3.6.5.2. *Preparação do pão para determinação da a_w*

Após confecção, o pão foi deixado arrefecer à temperatura ambiente ($T = 20^\circ\text{C}$). Para determinar a actividade da água cortou-se uma pequena porção de pão, suficiente para inserir na camada de leitura do aparelho de medição.

3.6.5.3. *Determinação da a_w*

Na determinação da a_w utilizou-se um medidor de actividade de água Pawkit Decagon. Procedeu-se à sua calibração, inserindo o líquido de calibração na câmara, posicionado no centro de leitura e procedeu-se à calibração. Confirmam-se os valores obtidos: 0,76 de acordo com o pretendido.

Posteriormente procedeu-se à determinação da a_w das amostras, posicionando no centro do equipamento as mesmas e registando os valores obtidos (Apêndice I E).

3.7. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância de factor único (ANOVA).

4. Discussão dos Resultados

A realização deste trabalho, teve como objectivo desenvolver uma formulação de pão sem glúten com propriedades próximas do pão de trigo tradicional e simultaneamente mais rico nutricionalmente do que o pão sem glúten existente no mercado. Para tal, realizaram-se vários ensaios nos quais se variou o tipo de hidrocoloide e o tipo de farinha.

Este capítulo encontra-se dividido em várias partes, nas quais se efectua uma análise dos diferentes resultados obtidos após execução do procedimento experimental.

4.1. O pH do pão

Durante o procedimento experimental e após a cozedura e arrefecimento do pão, fez-se a leitura do valor de pH dos diferentes ensaios, os quais foram registados (apêndice IA). Os resultados obtidos (Figura 11) indicam que, para a mesma goma, o pH varia com o tipo de farinha. Por exemplo, no caso da goma xantana, o pH é de 5,40, no ensaio com a farinha de arroz, e de 6,42 com a farinha de feijão.

O mesmo tipo de comportamento é observado no caso da goma guar, em que o pH é 5,61 para a farinha de arroz, e 6,05 para a farinha de feijão. No caso da goma de alfarroba, o pH é 5,4 no ensaio com farinha de arroz, e 5,71 para a farinha de feijão.

Considerando como termo de comparação as gomas e tendo como referência a mesma farinha, verifica-se que a variação do pH não é tão acentuada como no caso anterior. Por exemplo, considerando a farinha de arroz, os valores de pH variam de 5,40 com goma xantana, 5,61 com goma guar, 5,40 com goma de alfarroba e 5,12, com pectina.

Oura *et al.* (2006) consideraram a faixa de pH de 5,3 a 6,2 como aceitável para pães convencionais sem adição de pré-fermentos acidificantes.

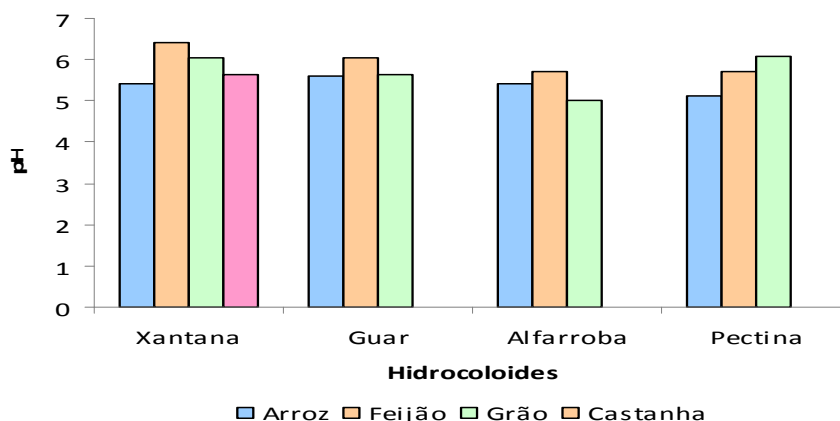


Figura 11 – Valores de pH para os diferentes ensaios realizados com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha, e com diferentes hidrocoloides, goma xantana, guar, alfarroba e pectina.

Estes resultados permitem concluir que o tipo de farinha tem mais influencia no pH do pão do que o tipo de goma utilizada.

Vários autores referem que o pH tem efeito na viscosidade das gomas, de uma forma geral para valores de pH entre 2 e 11, soluções com goma xantana mantêm a sua estrutura e elevada viscosidade. Segundo Gracza (1965), a qualidade das farinhas, especialmente de farinha de trigo, está intimamente ligado à composição lipídica e é extremamente complexa, ocorrendo um aumento da acidez das farinhas e redução do pH.

4.2. O teor de humidade do pão

A partir dos dados de percentagem de humidade calculados para cada ensaio (apêndice IB) construiu-se a Figura 12. Nesta Figura verifica-se que os valores do teor de humidade variam entre $26\% \pm 0,29$, no ensaio com farinha de grão-de-bico, e $36\% \pm 0,08$ no ensaio com farinha de arroz ($p < 0,05$), ambos com a goma xantana. Os valores obtidos estão de acordo com outros trabalhos realizados com pão sem glúten (Oliveira *et al*, 2007).

Segundo a Figura 12, quando se comparam os resultados obtidos nos ensaios realizados com a farinha de arroz, verifica-se que o teor de humidade é ligeiramente maior do que nos ensaios com as restantes farinhas ($p < 0,05$). O que poderá indicar que as propriedades hidrofílicas da farinha de arroz promovem a retenção da humidade, na massa, diminuindo a perda de água durante o processo de cozedura. Ao contrário, a

farinha de feijão e a farinha de grão apresentam valores de percentagem de humidade inferiores aos da farinha de arroz ($p < 0,05$).

No que se refere ao efeito das gomas, verifica-se que os ensaios realizados com goma xantana apresentam valores de percentagem de humidade inferiores aos ensaios com as restantes gomas. De facto, as gomas de alfarroba e pectina refletem maior afinidade com a água do que a goma xantana devido aos valores de percentagem de humidade apresentados. Da mesma forma, os ensaios realizados com goma guar apresentam teor de humidade acima de 30%. Ribotta *et al.* (2004) e Kohajdová e Karovicová (2009), em experiências com produtos de panificação, concluíram que a goma guar retinha humidade devido ao seu carácter hidrofílico. Esta característica da goma guar faz também com que a sua presença melhore as propriedades de paladar e estabilidade ao longo do tempo de vida do produto de panificação (Ribotta *et al.*, 2004).

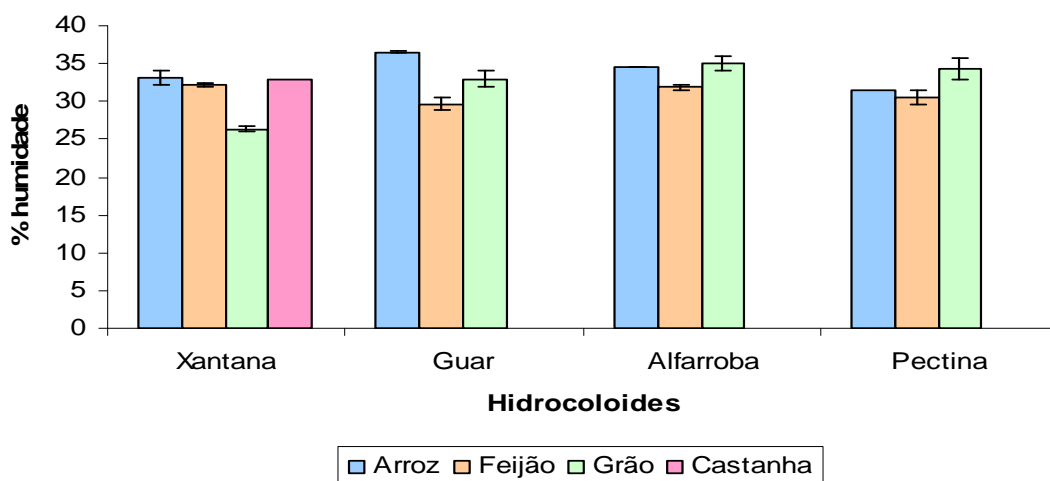


Figura 12 – Teor de humidade do pão nos ensaios realizados com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha e os hidrocoloides goma xantana, guar, alfarroba e pectina. Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 3 repetições.

Oliveira *et al.*, (2007) refere que massas com maior quantidade de fibras possuem maior capacidade de absorção de água. No entanto, os valores de humidade obtidos nos ensaios com as farinhas de feijão, de grão-de-bico e de castanha, que possuem teoricamente maior teor de fibras do que a farinha de arroz, poderia resultar uma maior percentagem de humidade no pão.

Como conclusão, a farinha que retém maior percentagem de humidade é a farinha de arroz.

4.3. Actividade da água (a_w)

Os resultados obtidos para a actividade da água, do miolo do pão, estão representados na Tabela 16. Nesta tabela observa-se que os valores da a_w encontram-se na faixa acima do valor esperado em pão com farinha de trigo, 0,852 (César Aldara *et al*, 2006). O que indica maior presença de água ligada neste tipo de formulações e farinhas.

A a_w variou bastante nas diferentes formulações, e curiosamente no pão com pectina e farinha de arroz foi o que apresentou maior a_w , com valor de 0,95. Este valor está de acordo com o observado por Uboldi Eiroa (1981) para pão contendo fibra alimentar, o qual apresenta um teor de humidade, entre 30% e 40%, e a_w 0,96. Este efeito pode estar relacionado com a libertação da água durante a retrogradação do amido, que é maior no caso dos ensaios realizados apenas com farinha de arroz, a qual possui maior teor de amilose.

Tabela 16 – Actividade da água (a_w) dos vários ensaios realizados

	Farinha Arroz		Farinha Feijão		Farinha Grão		Farinha Castanha	
	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)
Xantana	0,92	25,0	0,90	25,5	0,91	23,3	0,92	26,0
Guar	0,93	24,8	0,84	25,2	0,94	23,4		
Alfarroba	0,94	25,0	0,93	24,4	0,89	24,3		
Pectina	0,95	25,2	0,9	25,1	0,88	24,0		

São os ensaios realizados com farinhas de arroz que apresentam maiores valores de a_w .

4.4. Cor do pão

A cor do pão pode ser avaliada pela sua luminosidade. A determinação da cor através da luminosidade é baseada na medida de luz reflectida pela massa, indicando uma tendência ao branqueamento ou ao escurecimento, dependendo da quantidade de luz reflectida ou absorvida.

Nas figuras seguintes, Figura 13 e 14, encontram-se os valores referentes aos parâmetros cromáticos (L^* , croma C^*) da cor da crosta e da cor do miolo dos ensaios estudados, através do registo dos parâmetros $L^*a^*b^*$, determinados por leitura directa no colorímetro, pelo sistema CIELab.

4.4.1. Cor da crosta

Na Figura 13 verifica-se que a luminosidade da crosta do pão variou bastante, de $28,08 \pm 1,03$ até $69,65 \pm 0,32$ ($p < 0,05$). De uma forma geral e independente do tipo de goma, o pão com farinha de grão-de-bico revelou ser o que apresenta menores valores de L^* , indicando que no final da cozedura a crosta estava mais escura. Os baixos valores de L^* obtidos nestes ensaios, podem ainda ser influenciados pela cor que esta farinha apresenta, mais amarela do que as restantes. Ao contrário, os ensaios com farinha de arroz indicam que a crosta não apresenta um escurecimento tão acentuado, uma vez que os valores da luminosidade eram superiores, na generalidade dos ensaios. O escurecimento da crosta do pão deve-se à ocorrência das reacções de Maillard e de caramelização. De facto, a temperatura de cozedura do pão (temperatura no interior do forno) era de 200°C . Por sua vez, estas reacções são influenciadas pela distribuição de água no pão e pela redução dos açúcares e dos aminoácidos que o pão contém (Gallagher *et al.*, 2004).

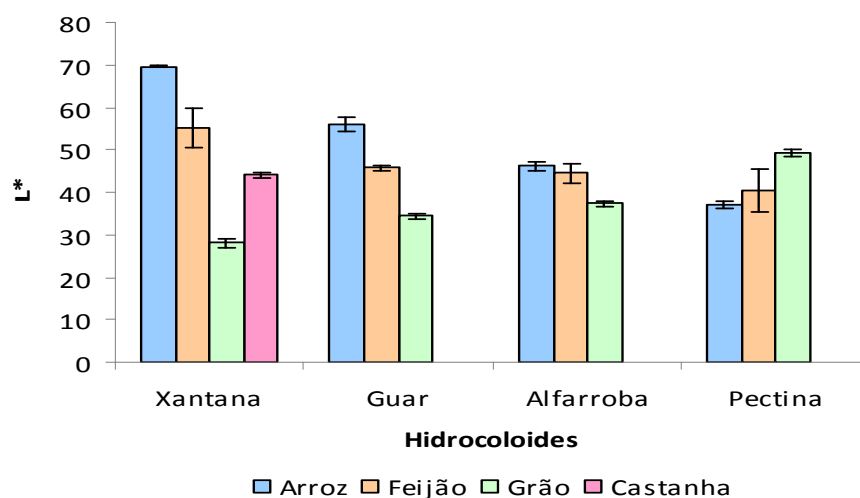


Figura 13 – Resultados do parâmetro cromático L^* da cor da crosta do pão referente aos realizados.

Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 6 repetições.

Alvarez-Jubete *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes em pão sem glúten formulado com pseudocereais como amaranto, quinoa e trigo-sarraceno, em que o valor de L^* da crosta do pão, com estes cereais, escurecia relativamente ao ensaio que continha apenas farinha de arroz, de 56, 52, 51, respectivamente, para 70.

A partir dos valores de a^* (verde/vermelho) e de b^* (azul/amarelo) determinou-se o parâmetro croma (C^*), Figura 14. Este parâmetro indica o grau de saturação da cor, sendo que quanto maior o valor, mais saturada é a cor do produto (Minolta, 1994). Na

Figura 15 verifica-se que, relativamente à farinha de arroz, os valores de C^* , embora estatisticamente diferentes ($p < 0,05$), apresentam valores muito próximos para os vários tipos de gomas estudadas, entre 26,7 e 34,5. O mesmo acontece com a farinha de grão-de-bico e castanha, com valores muito próximos dos ensaios realizados com a farinha de arroz. Pelo contrário, no caso da farinha de feijão, para além de apresentar valores mais elevados, valor máximo é cerca de 34,22 ($p < 0,05$), varia também com o tipo de goma, apresentando valores menores no caso das gomas de alfarroba e pectina relativamente à xantana e guar, que são mais elevados. Silva *et al.* (2009), no trabalho realizado com pão de forma verificou em todos os ensaios, com variação da percentagem de frutooligossacarídeos, a mesma intensidade de cor (C^*), cerca de 25.

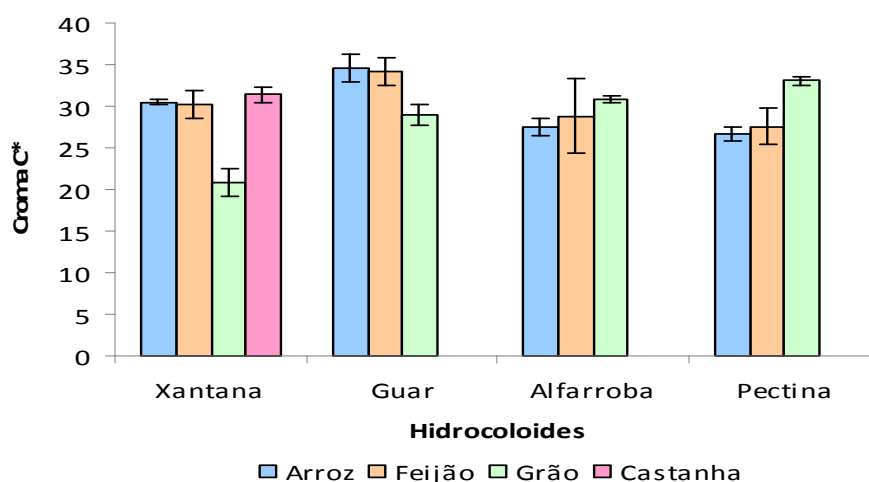


Figura 14 – Resultados do parâmetro cromático Croma C^* da cor da crosta do pão nos ensaios realizados.

4.4.2. Cor do miolo

A cor do miolo do pão constitui um factor muito importante para a sua comercialização, sendo directamente influenciada pelo tipo de matérias-primas que compõe a sua formulação, assim como pelas condições de cozedura (Silva, 2009).

Na Figura 15 verifica-se que o valor do parâmetro L^* , em todos os ensaios, é bastante elevado, variando entre $68,61 \pm 1,01$, valor mínimo e $81,05 \pm 0,07$, valor máximo. Constata-se que, no caso da farinha de arroz, o valor de L^* é cerca de $80 \pm 0,61$, para os quatro hidrocoloides estudados, no caso da farinha de feijão é cerca de $75 \pm 0,71$, no caso da farinha de grão-de-bico é cerca de $72 \pm 0,41$, e no caso da farinha de castanha é cerca de $70 \pm 0,56$. O pão cuja formulação apenas contém farinha de arroz

apresenta um valor de L^* superior, porque está relacionado com a cor desta farinha a qual confere à massa maior luminosidade. Estes resultados mostram que existem diferenças na luminosidade de acordo com o tipo de farinha utilizada ($p < 0,05$), sendo mais escura para as farinhas de grão-de-bico e de castanha, pois L^* é inferior. Mais uma vez se verifica que o tipo de farinha utilizado tem mais influência no resultado final do parâmetro analisado, do que o tipo de hidrocoloide.

Lazaridou *et al.* (2007) obteve valores de L^* semelhantes aos deste trabalho, em miolo de pão sem glúten com diversos hidrocoloides. Pelo contrário, outros autores referem gamas de valores de L^* inferiores em produtos sem glúten, como pão, massas e bolos (Alvarez-Jubete *et al.*, 2009; Gallagher *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2009; Wood, 2009).

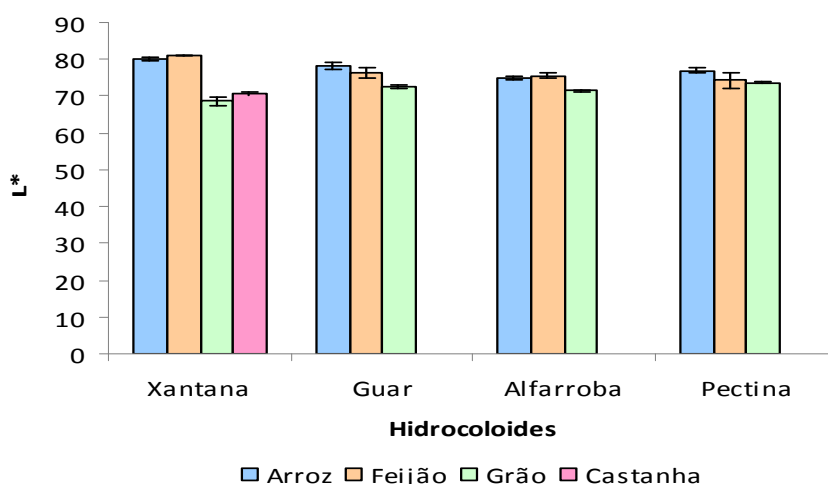


Figura 15 – Parâmetro cromático L^* da cor do miolo do pão para os ensaios realizados.

O parâmetro croma mostra o grau de saturação da cor, sendo que quanto maior o valor, mais saturada é a cor do produto (Minolta, 1994). Através da Figura 16 verifica-se que a farinha de grão-de-bico e a farinha de castanha apresentam maior intensidade de cor em relação ao grau de saturação. Este resultado pode estar relacionado com o facto das farinhas em questão terem cores diferentes, dentro do amarelo e castanho, tornando este parâmetro, C^* , mais elevado do que as farinhas de arroz e de feijão. Mais uma vez se verifica que o tipo de hidrocoloide não tem um efeito tão acentuado neste parâmetro, C^* .

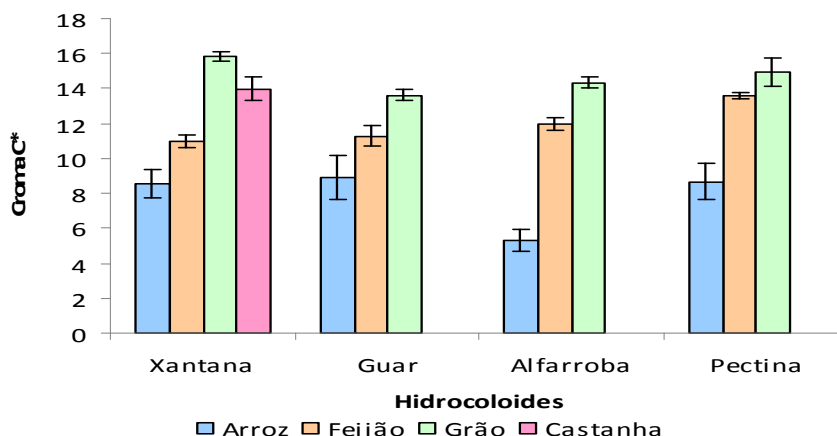


Figura 16 – Resultados do parâmetro cromático Croma C* da cor do miolo do pão nos ensaios realizados.

Segundo diversos autores (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010; Gallagher *et al.*, 2004) a razão L^*/b^* , luminosidade/amarelo, é considerado o parâmetro que avalia correctamente a cor do miolo. Através da Figura 17 é visível que este parâmetro diminui com o tipo de farinha, isto é, a farinha de arroz apresenta valores superiores à farinha de feijão, de castanha e de grão-de-bico respectivamente ($p < 0,05$). Entre as gomas xantana, guar e pectina não se observam quaisquer diferenças ($p < 0,05$). No entanto, com a goma de alfarroba verifica-se que o parâmetro L^*/b^* apresenta valores superiores aos encontrados para os restantes ensaios, o que indica que o parâmetro cromático b^* é mais baixo, pois L^* (Figura 15) não apresenta variações significativas. Este resultado confirma que, com a farinha de arroz, o miolo apresenta menor tonalidade de amarelo (b^* menor).

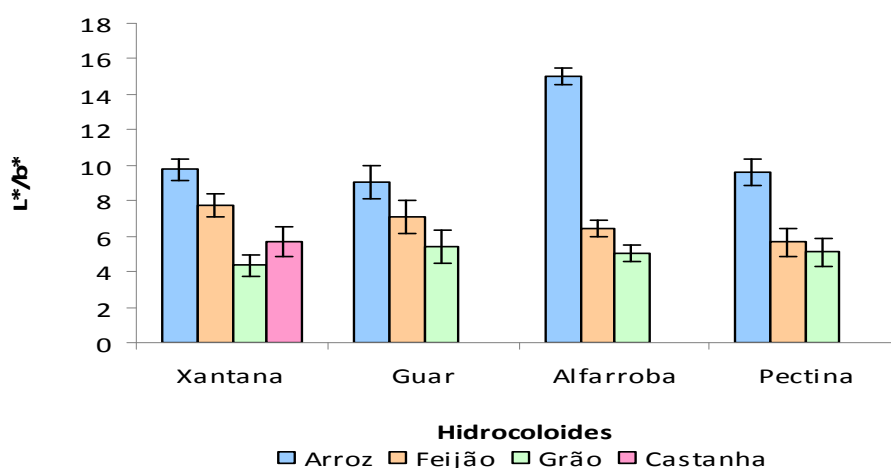


Figura 17 – Resultados do parâmetro cromático L^*/b^* da cor miolo do pão nos ensaios realizados.

4.5. A textura do pão

Foram realizados testes à resistência da crosta e do miolo, para analisar a textura dos vários ensaios realizados e determinar a respectiva dureza e adesividade.

4.5.1. Resistencia à compressão da crosta

4.5.1.1. Dureza

A dureza foi calculada a partir dos gráficos obtidos durante o procedimento experimental (apêndice ID) e após análise dos mesmos. Na Figura 18 é possível observar a dureza da crosta obtida nos diferentes ensaios.

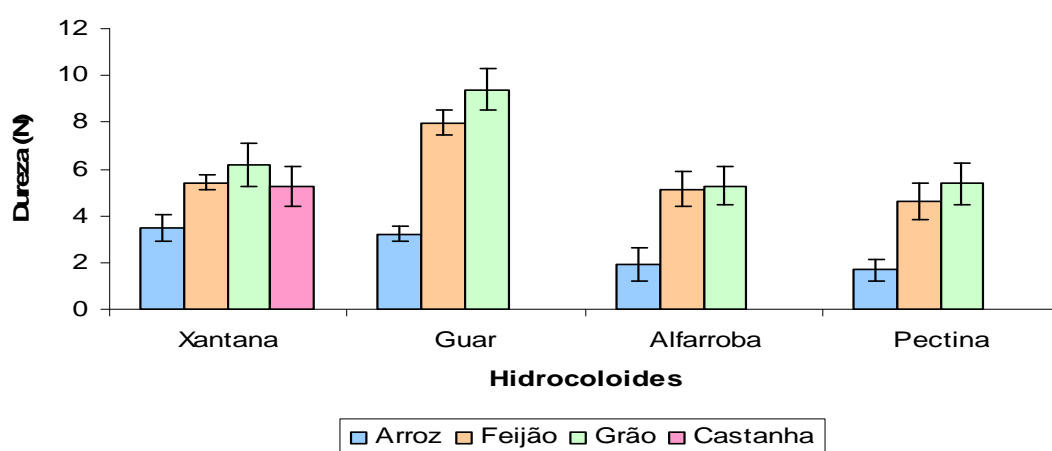


Figura 18 – Dureza das amostras da crosta dos vários ensaios realizados. Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 7 repetições.

A dureza do pão está relacionada com a força aplicada para ocasionar a deformação ou rompimento da amostra, e pode ser correlacionada com a mastigação humana. A força máxima avaliada para produtos de panificação é dependente do tipo da formulação utilizada.

Através da análise da Figura 18 verifica-se que os ensaios realizados com farinha de arroz apresentam os valores de dureza da crosta mais baixos, sendo que os valores são ainda menores no caso das gomas de alfarroba e pectina, relativamente às gomas xantana e guar ($p < 0,05$). Este comportamento repete-se para as restantes farinhas, feijão e grão-de-bico, isto é, o valor da dureza é menor no caso dos ensaios realizados com as gomas de alfarroba e pectina. Ao contrário, a goma guar confere à crosta maior dureza, no caso das farinhas de feijão e de grão-de-bico. Este resultado pode estar relacionado com a percentagem de humidade encontrada em cada ensaio (Figura 12).

De facto, as farinhas de feijão e de grão-de-bico endurecem a crosta do pão, pois os valores de dureza são consideravelmente superiores aos ensaios realizados com farinha de arroz. Segundo Alvarez-Jubete *et al.* (2010) a adição de pseudocereais, como amaranto e quinoa, a uma formulação de base com goma xantana, promove a gelatinização parcial do pão sem glúten, tendo como resultado a formação de um maior número de grânulos de amido. Desta forma a estrutura apresenta-se mais homogénea, com menos alvéolos de ar e consequentemente mais dura.

Lorenzo *et al.* (2008), realizou um estudo semelhante, com massa para empadas, e concluiu, que formulações com elevadas percentagens de gomas (guar e xantana, 3%) e baixo conteúdo em água conduzem a uma adequada elasticidade e dureza nos testes de textura (penetração). Da mesma forma, Ribotta *et al.* (2004), no seu estudo sobre o efeito emulsionante da goma guar no comportamento microestrutural, reológico e de cozimento do pão, concluiu que a presença das gomas xantana e guar aumentam a dureza das massas.

Mandala *et al.* (2002), referem que a dureza verificada nos géis de xantana estão relacionados com as cadeias que se formam entre o amido e a goma xantana com o aumento da temperatura, o que faz endurecer as massas. De facto, a partir dos resultados obtidos verifica-se que as gomas xantana e guar conferem maior dureza à crosta do pão, quando comparado com outras gomas.

4.5.1.2. Adesividade da crosta

Pela análise da Figura 19, referente aos resultados da adesividade da crosta do pão, mais uma vez verifica-se que os ensaios realizados com farinha de arroz apresentam valores de adesividade menores ($p < 0,05$). A goma de alfarroba e pectina conferem menor adesividade do que a goma xantana e a goma guar ($p < 0,05$). De facto, diversos autores referem que estas gomas tem elevada capacidade de retenção da humidade das massas conferindo desta forma um produto final com uma textura mais adesiva. Enquanto que, as gomas de alfarroba e pectina conferem massas mais secas e menos adesivas. No entanto, a adição de feijão, grão-de-bico ou castanha potenciam o efeito adesivo de massa.

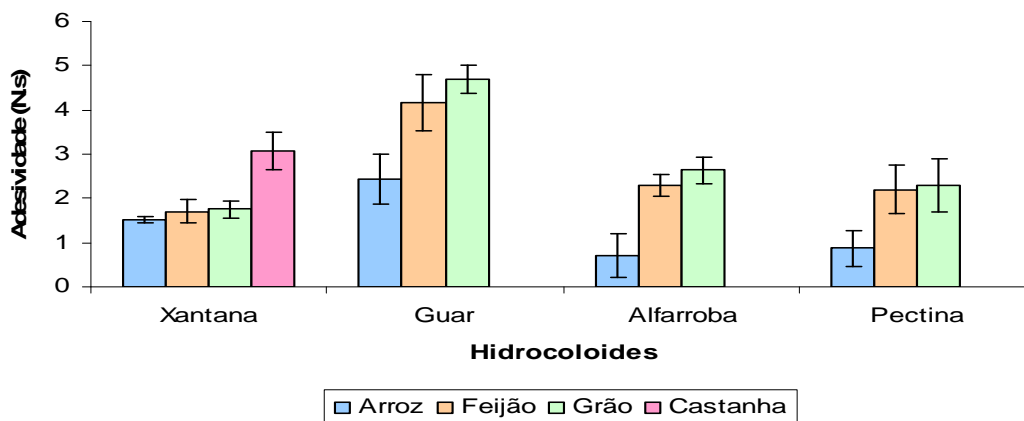


Figura 19 – Adesividade do pão das amostras da crosta dos ensaios realizados. Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 10 repetições.

4.5.2. Resistência de compressão do miolo

4.5.2.1. Firmeza do miolo

Na Figura 20 encontram-se os resultados obtidos para a firmeza do miolo do pão. Os ensaios realizados com farinha de arroz apresentam os menores valores de firmeza, variando entre $36 \text{ N} \pm 0,75$, no caso da goma xantana, e $2 \text{ N} \pm 0,58$, no caso da pectina. Pelo contrário, quando se adiciona à massa grão-de-bico ou de feijão verifica-se que a firmeza do miolo aumenta indicando que este fica mais duro. Este comportamento agrava-se quando se utiliza a goma xantana, aumentando os valores de firmeza do miolo até $52 \text{ N} \pm 0,69$, no caso da farinha de feijão, e $56 \text{ N} \pm 0,39$ no caso da farinha de grão-de-bico. Da mesma forma, também Lazaridou *et al.*, (2007) verificou que a presença da xantana (1% e 2%) em pão sem glúten potenciava o efeito da dureza do miolo e que era consistente com o aumento da rigidez das massas que continham este hidrocoloide.

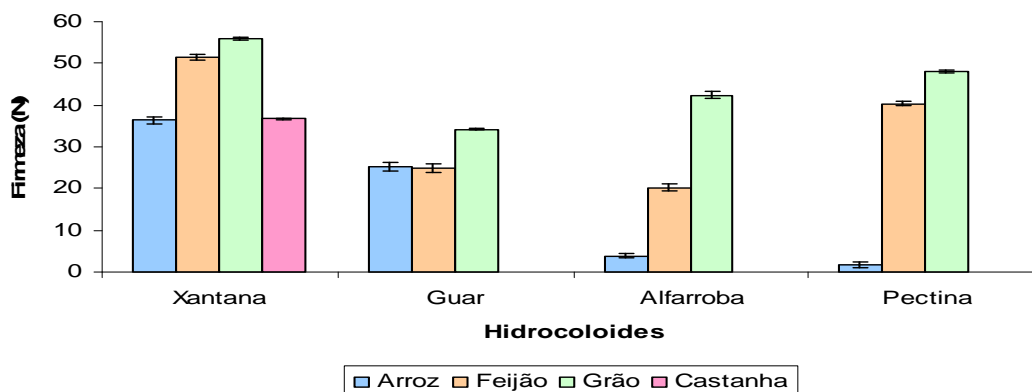


Figura 20 – Firmeza das amostras do miolo dos vários ensaios realizados. Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 10 repetições.

Diversos autores reportam ainda o efeito de hidrocoloides como a pectina, a qual melhora a qualidade do pão sem glúten, através da intensificação do volume da porosidade e da elasticidade do miolo (Barcenas *et al.*, 2009, Guarda *et al.*, 2003, Lazaridou *et al.*, 2007). Os resultados relativos à goma guar estão de acordo com o trabalho de Ribotta *et al.*, (2004). Segundo este autor a goma guar diminui a dureza do miolo e aumenta o volume específico do pão (obtido de massas congeladas), quando comparado com a goma xantana. De facto, este autor refere ainda que o efeito de amaciamento causado por esta goma pode ter origem na inibição da retrogradação da amilopectina, devido à ligação da goma guar ao amido.

Ronda e Roos (2011) relacionam a alteração da dureza do pão, ao longo do tempo de armazenamento, com a recristalização da amilopectina. A retrogradação do amido envolve a re-associação das suas moléculas numa estrutura ordenada parcialmente cristalina, levando à recristalização da amilopectina. Os hidrocoloides têm a capacidade de modificar as propriedades do glúten e do amido, afectando as propriedades de hidratação do glúten e interferindo no processo de retrogradação e gelatinização do amido (Bárcenas *et al.*, 2004).

Segundo Mandala e Sotirakoglou (2005) o aumento da dureza do pão pode ser o resultado do rearranjo molecular entre a goma xantana e as moléculas de proteínas reforçado pelas interacções iónicas entre o grupo carboxilato e polissacarideo.

4.5.2.2. Adesividade do miolo

Pela análise da Figura 21, valores de adesividade obtidos nos ensaios realizados à textura do miolo, verifica-se, mais uma vez, que o pão com farinha de arroz apresenta os valores mais baixos. A adição de farinha de grão-de-bico aumentou significativamente a adesividade do miolo ($p < 0,05$), o que poderá estar relacionado com o maior teor de humidade encontrado nestes ensaios.

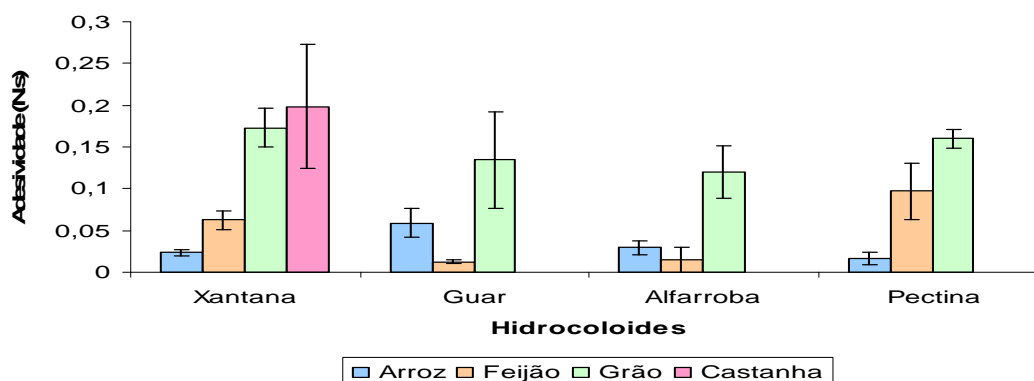


Figura 21 – Adesividade do pão das amostras do miolo dos vários ensaios realizados. Estes valores correspondem à média \pm desvio padrão de 10 repetições.

4.6. Estrutura do miolo

Um dos atributos mais importantes que caracterizam a qualidade do pão é a sua estrutura, a qual juntamente com as características de aparência, determina as suas particularidades de textura (Peressini *et al.*, 2011). O impacto da adição de diferentes farinhas e hidrocolóides na estrutura do miolo do pão encontra-se apresentado na Figura 22. Observa-se que os ensaios realizados com farinha de arroz apresentam uma estrutura mais alveolar, sendo este efeito mais acentuado nos ensaios com pectina e goma de alfarroba. Os ensaios realizados com goma xantana e guar apresentam uma estrutura mais fechada, sendo este efeito potenciado pela adição das farinhas de feijão, de grão-de-bico e de castanha. Estes resultados estão em concordância com os resultados obtidos para a firmeza do miolo (Figura 20).

Segundo Silva (2004), a farinha de arroz, e outras sem glúten, não possui as mesmas propriedades, que são características das proteínas do glúten o que prejudica a sua estrutura final, dando origem a produtos mais duros. Através da adição de hidrocolóides é possível melhorar as suas propriedades viscoelásticas. Segundo a Figura 22 verifica-se que o hidrocoloide que melhores propriedades conferiu à estrutura do pão foi a pectina, pois apresenta-se sob a forma de um pão mais alveolar (com maior capacidade de retenção de gás), mais macio e mais “alto”, o que indica que o volume aumentou mais durante o processo fermentativo.

A massa do pão sem glúten apresenta dificuldades para reter o gás necessário ao crescimento do pão durante a fermentação e que a ausência de glúten ocasiona

dissolução da massa durante o seu crescimento. No entanto, esta limitação pode ser ultrapassada através da adição da goma.

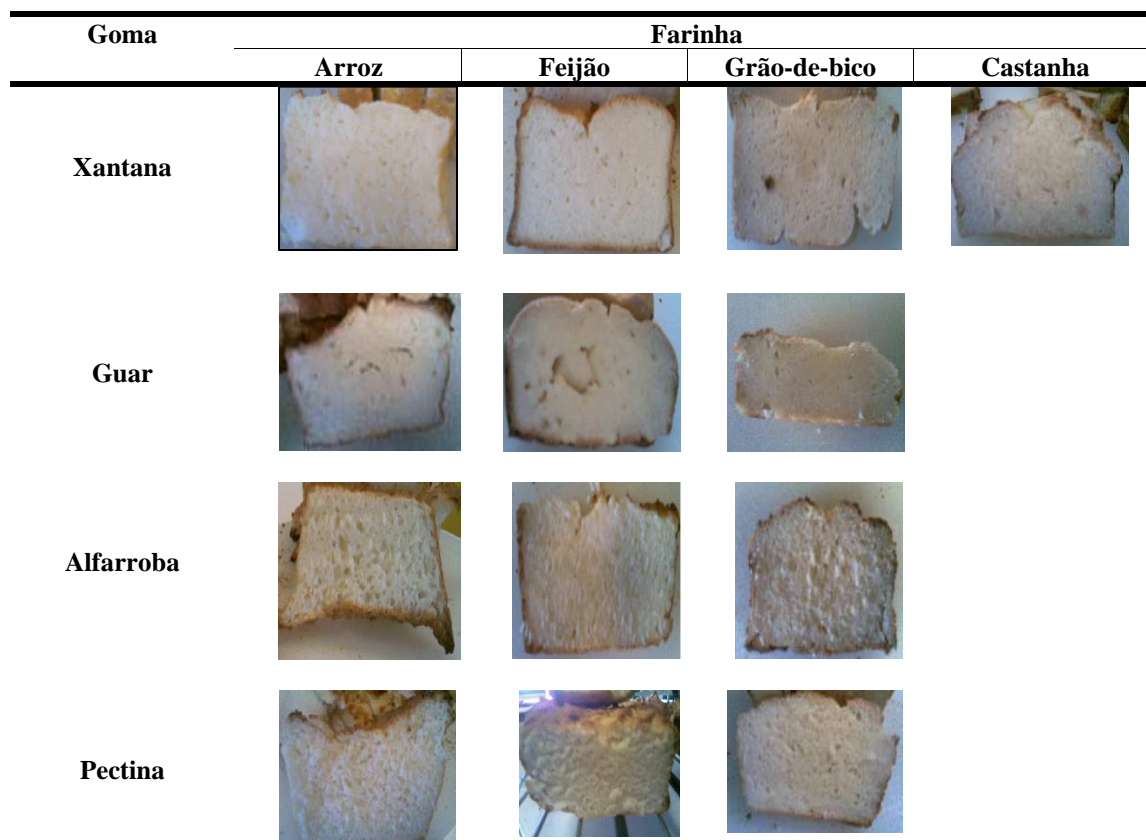


Figura 22 – Amostra de pão fatiado para os ensaios realizados com diferentes gomas e diferentes farinhas. Cada fatia de pão tem 1,5 cm de espessura.

5. Conclusões e sugestões de trabalho futuro

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que, a farinha de arroz tem maior capacidade para reter água relativamente às restantes.

Comparando a Luminosidade (L) do miolo e da crosta, conclui-se que o pão apresenta intensidades diferentes, o miolo do pão apresenta valores de L* mais próximos de 100, indicando que o miolo é claro, enquanto que a crosta apresenta-se mais escura, uma vez que os valores são mais baixos.

A crosta do pão com farinha de arroz, apresenta-se mais escura do que as restantes, enquanto que a adesividade do miolo é bastante semelhante, independentemente do hidrocoloide e da farinha.

A adição de farinhas de feijão, grão-de-bico ou de castanha promoveu o endurecimento do miolo do pão.

Os hidrocoloides xantana e guar revelaram ser os que promovem uma estrutura mais fechada conferindo maior dureza ao pão. Pelo contrário, as gomas de alfarroba e pectina conferiram estrutura mais alveolar traduzindo-se num miolo mais macio e menos duro.

Como conclusão final pode-se dizer que a adição de pectina melhorou as características do pão sem glúten formuladas com farinha de arroz. Portanto, a adição de pectina teve efeito benéfico sobre as características do pão sem glúten podendo ser utilizada de maneira satisfatória na elaboração desses produtos, melhorando expressivamente a sua qualidade final.

Conclui-se ainda que os agentes ligantes podem eficientemente substituir o “efeito do glúten” do pão. Os efeitos individuais de cada tipo de agente variaram consideravelmente. Os melhores resultados foram obtidos para a utilização da pectina.

Conclui-se que é ezequível e viável a elaboração de pão sem glúten com acréscimo de um hidrocoloide (neste caso a pectina) e substituir a farinha de trigo pela farinha de arroz.

Apesar de ter-se verificado um aumento da dureza do pão com a adição das farinhas de grão-de-bico, feijão e castanha, a adição de uma pequena percentagem destas farinhas ricas em fibras continua a ser uma vantagem pois poderá enriquecer o valor nutricional do pão sem glúten.

Tendo em conta o trabalho realizado, são feitas algumas sugestões para trabalhos a desenvolver, com o objectivo de não só completar o trabalho realizado como abrir

novos percursos de investigação. De forma a comprovar os benefícios funcionais da adição de farinhas de leguminosas, seria importante a realização de análises químicas aos hidratos de carbono, às fibras, à proteína e aos sais minerais. Para confrontar os resultados da textura instrumental, seria importante realizar uma prova de análise sensorial aos ensaios realizados para caracterização de vários atributos e comparar as diferentes formulações com diferentes hidrocoloides e farinhas.

Da mesma forma, poderia ser feito um teste de aceitabilidade ao consumidor.

6. Bibliografia

A

Ahlborn, G.J.; Pike, O.A.; Hendrix, S.B.; Hess, W.M.; Huber, C.S. (2005). "Sensory mechanical and microscopic evaluations of staling in low protein and gluten-free bread". *Cereal chemistry*. V.82, nº 3, p.328-375.

Almeida, D., (2004). Aulas fisiologia pós-colheita, Mestrado em ciências e tecnologia pós-colheita. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Alvarez-Jubete L. Wifngaard H., Arendt E.K., Gallagher E., (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat, and wheat as effected by sprouting and baking food chemistry. 119 (2): 770-778.

Alvarez-Jubete L, Arendt EK and Gallagher E (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. p.240-257.

Antônio G.C.; Park K.J. (2006). Análises de materiais biológicos. Universidade Estadual de campinas. Faculdade de engenharia agrícola. Unicamp.

Araújo, E.S., Souza, S.R.; Fernandes, M.S., (2003). Características morfológicas e moleculares de arroz do Maranhão. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília.

v. 38, n. 11, p.1281-1288.

Atlas Veg, (2004). Pectina. ATpectina. Disponível em: <<http://atlasveg.ib.usp.br/Indice/pecti.html>>. Acesso em: 13 abr. 2004.

Atwell, W.A.; Hood, L.F.; Leneback, D.R.; Vaniano-Marston, E.; Zobel, H.F. (1998). "The terminology and methodology associated with basic starch phenomeno". *Cereal foods worl*. vol. 33, p. 306-311.

B

Barata, M., Lourenço, R., Capacho, A., Fonseca, J., Cyrne, C. (2006). Enterografia peroral por tomografia computurizada: avaliação da patologia do intestino delgado

por tomografia computurizada multicorte com contraste oral de goma de alfarroba-sorbitol. J Port Gastreenterol 13:131-138.

Bárcenas M.E., Benedito C, Rosell C.M., (2004). Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. Food Hydrocolloids 18: 769–774.

Barera, G.; Mora, S; Brombilla, P; Ricotti, A; Manni, L; Baccio, S; Bianchi, C. Body, (2000). Composition in children with celiac disease and the effects of a glúten-free diet: a perspective case-control study. The American Journal of clinical nutrition. v. 72, n. 1, p.71-75.

Baza P. C. D., (2003). Disponível em: http://WWW.hpk.gov.pt/centro_doskonalosci/Coe/midi/data_/505.html. Acesso em: 09 de Junho de (2008).

Beyer, P.L., (2002). Terapia clínica nutricional para distúrbios do trato gastrointestinal baixo. In: Krause, M.V. Alimentos, Nutrição e dieterapia. 10 ed., São Paulo: Rocap., p.643-670.

Benahmed, M.; Manton, J.; Matysiakbrednik, T.; Cerf-Bensussan, N.(2003). “Celiac disease: a future without gluten-free diet?”. Gastroenterology. Nº 4. vol.125, p.1264-1267.

Bennink R, P. M., Maegdenbergh V, Geypens B, Rutgeerts P, De Roo M, Mortelmans L., (1999). Evaluation of small-bowel transit for solid and liquid test meal in healthy men and women. Eur J Nucl Med. 26:1560-1566.

Borges, C. D., Vendruscolo, Claire T., (2008). Goma Xantana: características e condições operacionais de produção - Xanthan Gum: characteristics and operational conditions of production. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina. v. 29, n. 2, 171-188.

Bourne, M.C., (1978). Texture profile analysis. Food technol., v. 32, 62-66.

Brown, M. R., (2002). Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

Bruneton, J., (2001). *Pharmacognosie. Phytochimie, Plantes medicinales* (3a Edicion ed.), Paris: Technique et Documentation-Lavoisier.

C

Camila B., Shaiana M., Paula S., (2004). *Espessantes*. Universidade federal do Rio Grande do Sul; Instituto de ciência e tecnologia de alimentos. Marketing e desenvolvimento de produtos novos. Porto Alegre.

Casellas, F., Rodrigo, L., Vivancos, J.L. et al., (2008). Factors that impact health-related quality of life in adults with celiac disease: a multicenter study. *World Journal of Gastroenterology*.v.14, nº1, p.46-52.

Cereda, M.P., Chuzel, G.C.; Vilpoux, O., Nunes, (2002). O.L.G.da S. *Biotecnologia industrial*. In: *Modificação de fécula por fermentação*. São Paulo: Edgard Blücher. p.413- 460.

César, A.S., Gomes, J.C., Staliano, C.D., Fanni, M.L., Borges, M.C., (2006). *Elaboração de pão sem glúten*. Revista Ceres 53: 150-155.

Chenlo, F. Moreira, R. Fernandez-Harero, C., Vásquez, G., (2006). Experimental results and modeling on the osmotic dehydration tinetes of chetnut with glucose. *Journal of food engeneering*. Oxford. n. 74, p.324-334.

Christensen, S. H., (1984). Pectins, In: Glicksman, Martin, *Food hydrocolloids*. Florida: CRC Press. p.205-229.

Ciacco, C.F., Cruz, R., (1982). *Fabricação de amido e sua utilização*, (Série Tecnologia Agroindustrial), São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio. Ciência

e Tecnologia. n.7, p.152.

Ciclitira P.J., (2001). American Gastroenterological Association review on celiac sprue, Gastroenterology 120:1526-40.

Coultate, T.P. (2004). “Alimentos: a química e seus componentes”/Trad. Jeverson Frazzon et al.; Porto Alegre: Artmed.3ª ed. p.368.

D

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S., (2010). Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. Journal of Food Engineering 101:329-336.

Dziezak, J.D. (1991).A focus on gums. Food Technol.. v. 45, n.3, p. 117-120, 122-124, 126, 128, 130-132.

E

Edwards, W.P. (2007).The science of bakery products. Braintree. Essex. UK: The Royal Society of chemistry.

El-Dash, A., Germani, R., (1994). Tecnologia de farinhas mistas, Uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães. Brasília: Embrapa-SPI. V. 2, p.81.

F

Fasano, A., Catassi, C., (2004). Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease.. The global village of celiac disease digestive and liver disease 36:492-498.

Ferreira, S.M.R, Luparelli, P.C., Schieferdecker, Mam, Vilela, R.M., (2009). Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. Archivos Latinoamericanos de nutricion. v.59, n.59, n.4: p.433-440.

Fiszman, S.(1989). Bases teóricas de la determinación de la textura de alimentos sólidos. Curso de Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias. ITAL.p.1-11.

Food And Agriculture Organization - FAO. Major Food And Agricultural Commodities And Producers, (2005). Enriquecimiento de los alimentos, Desnutrición proteicocalórica. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Nutrición. Serie de Informes Técnicos. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.

Francisco M., Goycoolea V.M.C., Adriana Cárdenas B., (2001). Propiedades gelificantes de la pectina del Nopal. “XXV Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, auspiciado por la Industria Mexicana de Coca Cola y el Conacyt”.

Frota, K.M.G., Soares, R.A., Manólio, A., Gomes, J.A., (2008). Utilização de farinha de feijão-caupi na elaboração de produtos de panificação. Ciênc.Tecnol.Aliment. v.30, p.44-55.

G

Galera, J., (2006). Substituição parcial de farinha de trigo de arroz (oryza Sativa L.) na produção de “sonho”-estudo modelo. Dissertação em ciência dos alimentos. Faculdade de ciências Farmaceuticas. Universidade de São Paulo. São Paulo. p.99.

Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., (2002). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. p. 150.

Gallagher, E.; Gormley, T.R.; Arendt, E.K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. Journal of Food Engineering. v.56. n.2, p.153-161.

Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science & Technology 15: 143-152.

Garcia-Ochoa, F.; Santos, V.E., Casas, J.S.; Gomez E. (2000). Yanthan gum: production, recovery and properties, biotechnology advances. n. 7. v18, p. 549-579.

Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J., (2003). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids 18: 241-247.

Geil, P.B., Anderson, J.W., (1994). Nutrition and health implications of dry beans:

a review. Journal of the American College of Nutrition 13: 549–558.

Gracza, R.(1965). Aging and storage studies in flours and air-classified flour fractions. Cereal Chemistry. v. 42. n. 4, p. 333-358.

Griswold, R. M., (1972). Estudo experimental dos alimentos. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. p.469.

H

Heisler, G. E. R., Antônio, G.A., Moura, R.S., Mendonça, C.R.B., Granada, G.G., (2008). Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. Alimentação Nutrição. Araraquara. v.19, n.3, p.299-306.

Hopman, E.G.D., Cassie, S., Blomberg, B.M.E., Mearin, M.L., (2006). Nutrition management of the gluten-free diet in young people with celiac disease in the Netherlands. Journal of pediatric gastroenterology and nutrition. n. 43, p.102-108.

Houaiss, A., (2005). Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (em Português). Lisboa: Temas & Debates. vol. IX.

I

Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Disponível em: < <http://insaporto.com.sapo.pt> >, Acesso em: 13 Fevereiro, 2012.

Iqbal, A, Khalil, I.A., Shah, H., (2003). Nutritional Yield and aminoacid profile of rice protein as influenced by nitrogen fertilizer. Sarhad Journal of Agriculture. Peshawar, V.K., n.1, p.127-134.

J

Jackix, M. H., (1988). Doces, Geléias e Frutas em calda, Cone Editora. p.89.

Juliano, B.O., and Hicks, P.A., (1996). Rice functional properties and rice food products. Food Reviews Int. 12:71-103.

K

Kohajdova Z., Darovicova J. (2008). Nutritional value and baking application of spelt wheat. Act a sci Pol.. Technol. Aliment. 7(3), p.5-14.

Kupper C., (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. Gastroenterology 128:S121 – S127.

L

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G., (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and breadquality parameters in gluten-free formulations. Journal of food engeneering 70:1033-1047.

Lee, M.H., Baek, M.H., Cha, d.S., Park, H.J. and Lim, S.T., (2002). Freee-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. Food hydrocolloids 16:345-352.

Leme, L.L., (2000). Ovos pasteurizados, resfriados e desidratados e sua importância. In: Pizzinato, A; Ormese, R.de C.S.S. Seminário Pão de Queijo: ingredientes, formulação e processo. Campinas: Governo do estado de São Paulo/ Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/ Instituto de Tecnologia de Alimentos/ Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 29-41.

Linden, G., Lorient, D., (1999). New ingredients in food processing. Woodhead Publishing Ltd.

Lorenzo, G., Zaritzky, N. Califano, A., (2008). Optimization of non-fermented glúten-free dough composition based on rheological behavior for industrial production of “empanadas” and pie-crust. Journal of cereal science 48:224-231.

Loures, A., (1989). Obtenção, caracterização e utilização de farinha de banana (*Musa sp*) em panificação. Dissertação em ciencias de alimentos, UFMG. Belo horizonte. p.132

M

Mandala, I.G., Palogou, E.D., Kostaropoulos, A.E., (2002). Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan–starch mixtures. *Journal of food engineering* 53:27-38.

Mandala; I.G., Sotirakoglou, K., (2005). “Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids”.

Marques, L. F., Costa, T. L., Moura, R.L., Costa, A. M. N. M., Chaves, C. G., Freitas, R. M., Freitas, E. M., Rocha, F., Moura, L. B., (2008). Produção e aceitação sensorial de pão tipo hambúrguer fabricado com adição de 10 % de farinha de bagaço de caju. III Jornada Nacional da Agroindustria ISSN 1980-1122.

Minolta, (1994). *Precise color communication: Color control from feeling to instrumentation*. Minolta Co. Ltd.

Moretto, E.; Fett, R. (1999). *Processamento e análise de biscoitos*. São Paulo: Varela.

Moroni, A.V., Bello, E.K., (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue. *Food Microbiology* 26(7): 676-684.

Moura, E. E., (2002). O sabor do pão, *Aditivos & Ingredientes*. São Paulo. n. 19, p.66-68.

Munhoz, M.P., Weber, F.H., Chang, Y.K., (2004). Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. *Ciências e Tecnologia Alimentar*. Campinas 24 (3): 403-406.

O

Oliveira, T.M., P.Rozi, M.R., Borges, J.T., (2007). Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. Alimentos e nutrição. Araquara. v.18, n.2, p.141-150.

Oura, E., Soumalainen, H. E; ViskariI, R., (2006). Breadmaking, In: I Jornada Nacional da Agroindústria, Resumos expandidos, Bananeiras.

P

Paulus, K. (1986). “Quality of dietetic food - significance for human nutrition”. Lebensmwiss und technoc. 19: 147-151.

Peressini, D. e Sensidoni, A., (2010). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. Journal of Cereal Science 49 (2): 190-201.

Peressini, D., Pin, M., Sensidoni,A., (2011). Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. Food Hydrocolloids 25:340-349.

Pereira, A.J.G., (1998). Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo. Belo Horizonte: CETEC. p.52.

Possik, P.A.; Finandi Filho, F.; Francisco, A.; Luiz, M.T.B.(2005). “Gluten free foods for control of celiac disease”. Journal of Brazilian society of food and nutrition. São Paulo.Vol. 29, p. 61-74.

Pratesi R., Gandolfi L., (2005). Doença celiaca: a afecção com múltiplas faces. Jornal de pediatria. vol 81, nº 5.

Preilhardt, L., Vendruscolo, C., Gularte, M., Moreira, A., (2009). Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. Revista Brasileira de tecnologia Agroindustrial. v.03, nº 1, 70-76.

Prolla, I., (2006). Características físico-químicas de culturas de feijão e efeitos biológicos da fracção fibra solúvel. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.

Q

Quaglia, G., (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Zaragoza (Espanha). p.485.

R

Ribotta, P.D., Pérez, G.T., Leon, A.E., Añón, M.C., (2004). Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. Food Hydrocolloids 18:305–313.

Rizzo, V., Tomaselli, F., Gentile, A., La Malfa, S., Maccarone, E., (2004). Rheological properties and sugar composition of locust bean gum from different carob varieties (*Ceratonia siliqua L.*). Journal of Agricultural and food chemistry 52:7925-7930.

Rodrigues, Marcus V.C., (1999). Qualidade de vida no trabalho: evolução e análise no nível gerencial. Petrópolis. Editora Vozes.

Ross- Murphy, S.B., Morris, U.J.&Morris, E.R., (1993). Molecular viscoelasticity of xanthan polysaccharide. Fireday Symposie of the chemical society 18:115-129.

Rosell, C. M.; Santos , E; Collar, C.(2006). Mixing properties of fibre-enriched wheat bread doughs:A response surface methodology study. European Food Research and Technology. v. 223. n.3, p. 333–340.

Roston, A.J. (1990). Feijão. Campinas: CATI. 18p. (Boletim Técnico, 199).

S

Sacchetti, G. (2004). Comparative evaluation of essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. Food Chemistry. v.

91, p. 621–632.

Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L., Park, S., (2008). Improved viscoelastic zein-starch doughs for leavened gluten-free breads: Their rheology and microstructure. *Journal of Cereal Science* 48:755-767.

Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., Leon, A.E.; Pérez, G.T., (2008). Influence of gluten-free flours and their mixtures on better properties and bread quality. *Food bioprocesso*.

Shittu, T. A., Aminu, R. A., Abulude, E. O., (2009). Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids* 23:2254-2260.

Silva, L., (2004). Efeito da fermentação utilizando *Aspergillus oryzae* sobre as características funcionais, tecnológicas e físico-químicas da farinha de soja integral e aplicação em pão de forma funcional. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Silva, M. B. L., Beraldo, J. C., Dematei, L. R.(2009). Efeito da adição de farinha de linhaça na aceitação sensorial de bolo de chocolate. *Enciclopédia Biosfera*. v. 5. n. 8.

Sverker A., Hensing G., Hallert C., (2005). Controlled by food-leveled experiences of celiac diseased. Department of social medicine. Goteburg University. Gothenburg, Sweden, *Am J hum nutr diet* 18 (3).

T

Thompson, T., Dennis, M.; Hihhins, L.A., Lee, A.R.; Shanett, M.K., (2005). Gluten-free diet survey: are Americans with celiac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods. The British Dietetic Associatio Ltd. *Journal of hum nutrition Dietetic*, v. 18, 163-169.

Torbica, A.;Hadnacev, M.; Dapcevic, T.(2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations, based on rice and buckwheat flour.

Food hydrocolloids, Bocca raton. v.24, p.626-632.

Tubari, E., Sumnu, G., Sahin, S., (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food hydrocolloids 22:305-312.

U

Uboldi Eiroa, M. N., (1981). Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microorganismo e métodos de determinação em alimentos. Boletim ITAL. Campinas, v.18, n.3, p.353-383.

W

Weber, F.H., Queiroy-collares, F.P., Chang, Y.K., (2008). Estabilidade de geis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. Ciência e tecnologia de Alimentos, v. 28,p. 413-417.

Weber, F. H.; Collares-Queiroz, P. F.; Chang, Y. K. (2009).Caracterização Físico-química, Reológica, Morfológica e Térmica dos Amidos de Milho Normal, Ceroso e com Alto Teor de Amilose. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. v. 29. n. 4, p. 748-753.

Wong, Dominic W.S., (1989). Química de los alimentos Mecanismos y teoria: Editorial Acribia, S. A, p.147-150.

Wood, J.A., (2009). Texture, processing and organoleptic proprieties of chickpea-fortified sphaghetti whith insights to the underlying mechanisms of tradicional durum pasta quality. Journal of cereal science 49:128-133.

X

Xue, J. e Ngadi, M., (2009). Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with deferrent four combinations. Food hydrocolloids. v.23, p.286-295.

Y

Ylimaki, G.; Hawrysh, Z.J.; Hardin, R.T.; Thomson, A.B.R.(1991). Response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory measurements. Journal of Food Science. v.56. n.3, p.751-757.

Z

Zelaya, M.P., (2000), Tecnología y química de almidones nativos y modificados, In: Pizzinatto, A., Ormenese, R. de C.S.C. , Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo, Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, p.15-28.

ELECTRONIC LINK:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Amilose>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Amilopectina>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Amido>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Castanha>

LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei n.º64/2011 de 9 de Maio, Aditivos alimentares.

NP 1735:1986, Aditivos alimentares. Definição, classificação e princípios de aplicação, Instituto Português da Qualidade. 2ª Edição. Lisboa.

NP 1736:1986, Géneros alimentícios e aditivos admissíveis. Lisboa. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.

NP 2966:1993, Derivado de cereais, Pão, Determinação dos teores de água e matéria-seca, .Instituto Português da Qualidade, 2ª edição.Lisboa.

Portaria n.º 425/98 de 25 de Julho. Diário da República nº 170/98 – Série I-B. . Ministério da Agricultura e das pescas. Lisboa.

7. Apêndices

Apêndice IA – Observações experimentais da determinação do pH

As observações experimentais obtidas na determinação do pH encontram-se na tabela abaixo representada.

Tabela 17 – Observações experimentais da determinação de pH.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)
Xantana	5,4	21,8	6,42	23,7	6,04	22,1	5,65	25
Guar	5,61	22,7	6,05	23,4	5,63	22,5		
Alfarroba	5,4	22,7	5,71	27,9	5	22,6		
Pectina	5,12	22,5	5,7	22,7	6,08	24,1		

Apêndice IB – Observações experimentais para a determinação da humidade

O teor de humidade será dado pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ Humidade (\%H)} = (M1-M2)/(M1-M3)*100$$

Em que:

M1- Massa da amostra com a cápsula (g)

M2 – Massa da amostra seca juntamente com a cápsula (g)

M3 – Massa da cápsula (g)

A média e intervalo de confiança das observações experimentais obtidas encontram-se nas tabelas abaixo representadas:

Tabela 18 – Média e intervalo de confiança dos ensaios do teor de humidade do pão com farinha de arroz, de feijão, de grão-de-bico e de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	Média	IC	Média	IC	Média	IC	Média	IC
Xantana	33,24	0,94	32,13	0,18	26,35	0,29	32,85	0,85
Guar	36,56	0,08	29,64	0,51	32,94	0,89		
Alfarroba	34,58	0,09	31,85	0,46	35,05	0,31		
Pectina	31,43	0,28	30,44	0,46	34,35	0,92		

Apêndice IC – Observações experimentais para a determinação da cor do miolo e da crosta do pão

As observações experimentais obtidas na determinação da cor encontram-se nas tabelas abaixo representada:

A. Observações experimentais dos ensaios da cor

A1. Observações experimentais dos ensaios da cor da crosta do pão

Tabela 19 – Observações experimentais dos ensaios da cor da crosta do pão do parâmetro L* ao pão com farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	L*	IC	L*	IC	L*	IC	L*	IC
Xantana	69,65	0,32	55,18	4,77	28,08	1,03	44,11	0,59
Guar	56,03	1,65	45,73	0,59	34,33	0,82		
Alfarroba	46,20	1,00	44,45	2,30	37,30	0,62		
Pectina	37,04	0,84	40,32	4,98	49,25	0,76		

Tabela 20 – Observações experimentais dos ensaios da cor da crosta do pão do parâmetro C* ao pão com farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha Grão-de-bico		Farinha castanha	
	C*	IC	C*	IC	C*	IC	C*	IC
Xantana	30,44	0,32	30,26	1,71	20,90	1,64	31,42	0,92
Guar	34,53	1,69	34,22	1,65	28,91	1,22		
Alfarroba	27,50	1,03	28,82	4,45	30,78	0,45		
Pectina	26,66	0,86	27,55	2,19	33,04	0,57		

A2. Observações experimentais dos ensaios da cor do miolo do pão

Tabela 21 – Observações experimentais dos ensaios da cor do miolo do pão do parâmetro L* ao pão com farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	L*	IC	L*	IC	L*	IC	L*	IC
Xantana	80,04	0,61	81,05	0,07	68,61	1,01	70,59	0,56
Guar	78,17	0,91	76,19	1,46	72,49	0,41		
Alfarroba	74,96	0,47	75,42	0,71	71,54	0,26		
Pectina	77,02	0,77	74,29	1,98	73,62	0,24		

Tabela 22 – Observações experimentais dos ensaios da cor do miolo do pão do parâmetro C* ao pão com farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha Grão-de-bico		Farinha castanha	
	C*	IC	C*	IC	C*	IC	C*	IC
Xantana	8,55	0,83	10,97	0,33	15,83	0,30	13,97	0,68
Guar	8,89	1,25	11,27	0,57	13,59	0,32		
Alfarroba	5,30	0,65	11,96	0,35	14,35	0,34		
Pectina	8,67	1,06	13,61	0,18	14,94	0,83		

Tabela 23 – Observações experimentais dos ensaios da cor do miolo do pão do parâmetro L*/b* ao pão com farinha de arroz, farinha de feijão, farinha de grão-de-bico e farinha de castanha.

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha Grão-de-bico		Farinha castanha	
	L*/b*	IC	L*/b*	IC	L*/b*	IC	L*/b*	IC
Xantana	9,76	0,61	7,74	0,33	4,36	0,30	5,67	0,68
Guar	9,02	0,91	7,05	0,57	5,39	0,32		
Alfarroba	15,05	0,47	6,44	0,35	5,07	0,34		
Pectina	9,60	0,77	5,67	0,18	5,09	0,83		

Apêndice ID – Observações experimentais da determinação da textura

A. Observações experimentais da dureza da crosta e firmeza do miolo

A.1. Dureza a crosta do pão

As observações experimentais da dureza obtidas, encontram-se na tabela abaixo representada:

Tabela 24 – Observações experimentais dos ensaios de dureza da crosta do pão com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha.

Dureza (N)	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	Média	IC	Média	IC	Média	IC	Média	IC
Xantana	3,49	0,56	5,40	0,31	6,18	0,94	5,27	0,85
Guar	3,23	0,34	7,99	0,50	9,39	0,89		
Alfarroba	1,91	0,73	5,12	0,75	5,29	0,85		
Pectina	1,69	0,47	4,63	0,77	5,37	0,89		

A.2. Firmeza ao miolo do pão

Tabela 25 – Observações experimentais dos ensaios de firmeza do miolo do pão com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha.

Firmeza (N)	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	Média	IC	Média	IC	Média	IC	Média	IC
Xantana	36,33	0,75	51,45	0,69	55,89	0,40	36,76	0,21
Guar	25,23	0,95	24,96	0,95	34,20	0,10		
Alfarroba	3,89	0,60	20,25	0,78	42,38	0,90		
Pectina	1,69	0,58	40,31	0,59	48,09	0,47		

B. Observações experimentais da adesividade do pão

As observações experimentais obtidas para a adesividade do pão encontram-se na tabela abaixo representada:

B.1. Adesividade a crosta do pão

Tabela 26 – Observações experimentais dos ensaios da adesividade à crosta do pão com com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha.

Adesividade (N/mm)	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	Média	IC	Média	IC	Média	IC	Média	IC
Xantana	1,50	0,07	1,69	0,26	1,76	0,19	3,07	0,41
Guar	2,43	0,56	4,16	0,63	4,69	0,32		
Alfarroba	0,71	0,49	2,29	0,24	2,63	0,31		
Pectina	0,87	0,39	2,20	0,55	2,31	0,59		

B.2. Adesividade ao miolo do pão

Tabela 27 – Observações experimentais dos ensaios da adesividade à crosta do pão com com farinha de arroz, feijão, grão-de-bico e castanha.

Adesividade (N/mm)	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão-de-bico		Farinha castanha	
	Média	IC	Média	IC	Média	IC	Média	IC
Xantana	0,02	0,003	0,06	0,01	0,17	0,02	0,19	0,07
Guar	0,06	0,02	0,01	0,002	0,13	0,06		
Alfarroba	0,03	0,01	0,01	0,02	0,12	0,03		
Pectina	0,02	0,01	0,09	0,03	0,16	0,01		

Apêndice IE – Observações experimentais da determinação da a_w

As observações experimentais obtidas na determinação da a_w encontram-se na tabela abaixo representada.

Tabela 28 – Observações experimentais da determinação de a_w .

	Farinha arroz		Farinha feijão		Farinha grão		Farinha castanha	
	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)	a_w	T (°C)
Xantana	0,92	25,00	0,90	25,50	0,91	23,3	0,92	26,00
Guar	0,93	24,80	0,84	25,20	0,94	23,4		
Alfarroba	0,94	25,00	0,93	24,40	0,89	24,3		
Pectina	0,95	25,20	0,90	25,10	0,88	24,00		